



# "Biogeoquímica de un suelo quemado"

José A. González Pérez

Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla, IRNAS-CSIC

Avda. Reina Mercedes 10, 41012 Sevilla (Spain)

E-mail: jag@irnase.csic.es

Fecha: 24/11/2015



## El suelo y la materia orgánica

El suelo contiene la mayor cantidad de carbono terrestre: 1550 Gt de C orgánico y 950 Gt de C inorgánico. Esto representa c. 3.3 veces el contenido en la atmósfera y c. 4.5 veces el C de todos los seres vivos.

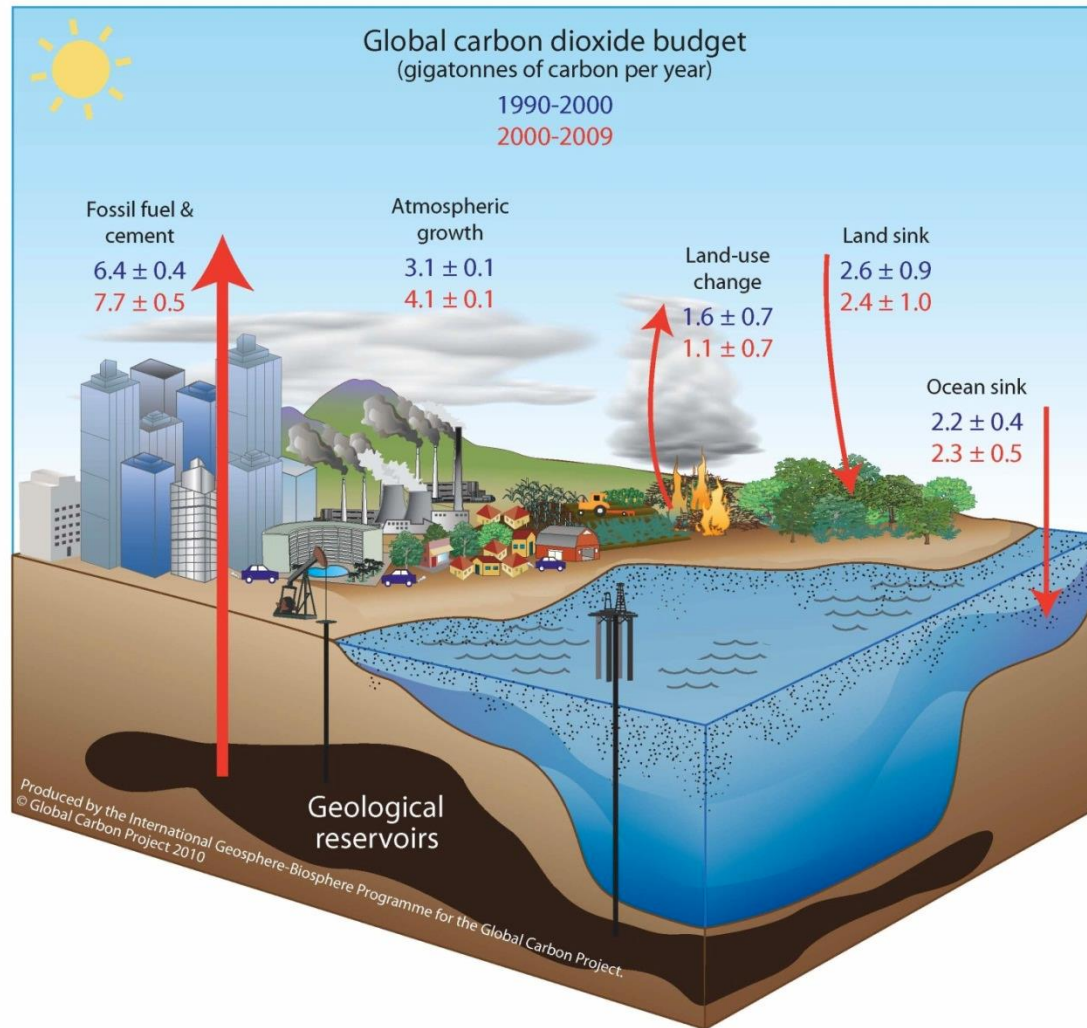
Por ello, pequeñas desviaciones en los contenidos de materia orgánica del suelo (MOS) tiene consecuencias a escala global. La MOS se encuentra en un equilibrio dinámico entre pérdidas y ganancias muy sensible a los cambios ambientales, incluidos los cambios de uso y gestión y por supuesto el fuego.

En un escenario de cambio global, las investigaciones dirigidas al mejor conocimiento de la MOS, su cantidad, estructura y dinámica es primordial para comprender procesos ambientales clave relacionados íntimamente con el mantenimiento de los servicios que nos prestan los ecosistemas, como la mitigación del cambio climático mediante secuestro de C.

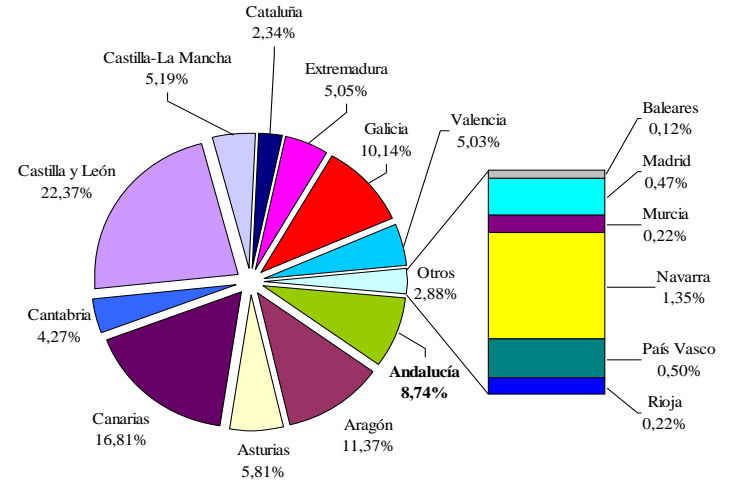
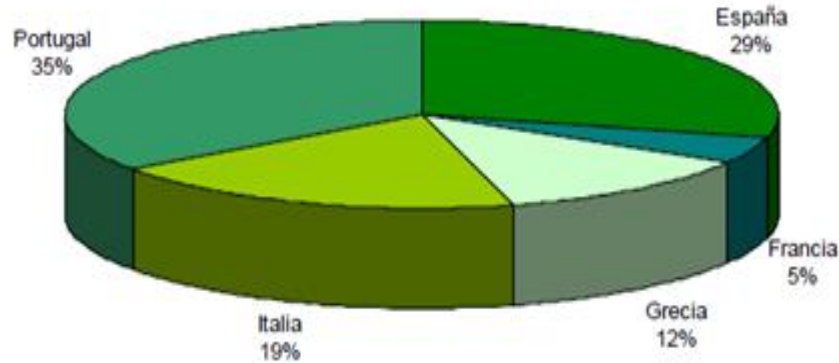
La influencia del fuego en la MOS contenido y calidad y en consecuencia en las propiedades del suelo y su habilidad para promover la estabilización (secuestro) de formas carbonosas es un tema de interés en las zonas de clima mediterráneo y también en zonas tropicales y sub-tropicales del mundo.



# Flujos globales de carbono



# Incendios en Europa

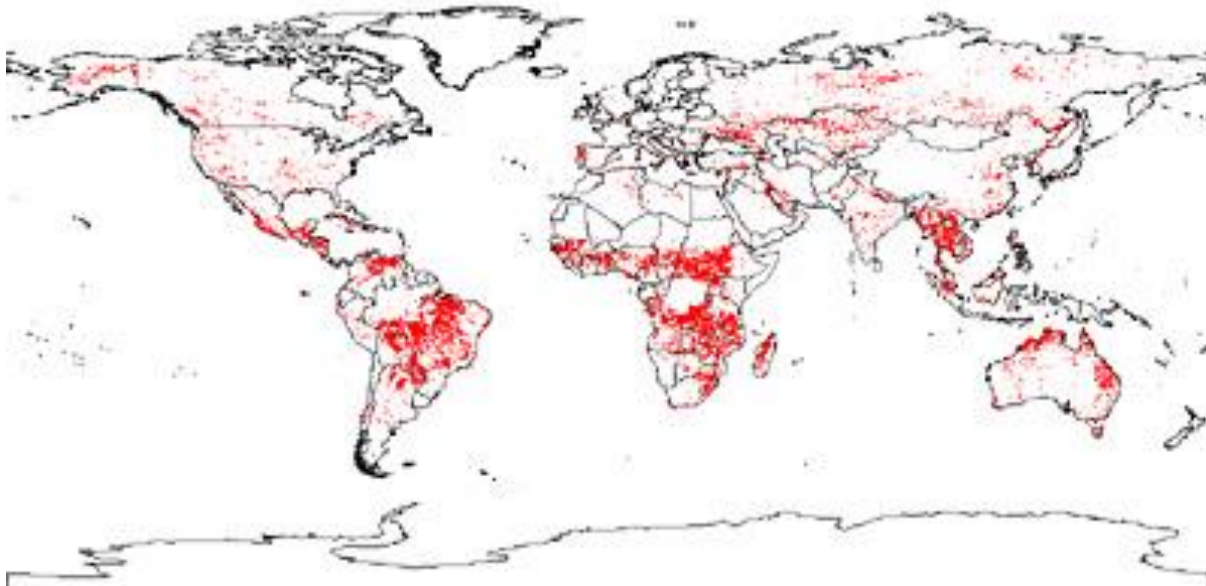


En el periodo 1999-2008, hasta un 91 % de todos los incendios forestales en la UE ocurrieron en los países del Mediterráneo.

Un 30 % del área quemada total correspondió a España, estando sólo por debajo de Portugal en cuanto a superficie afectada por incendios forestales en el periodo señalado.



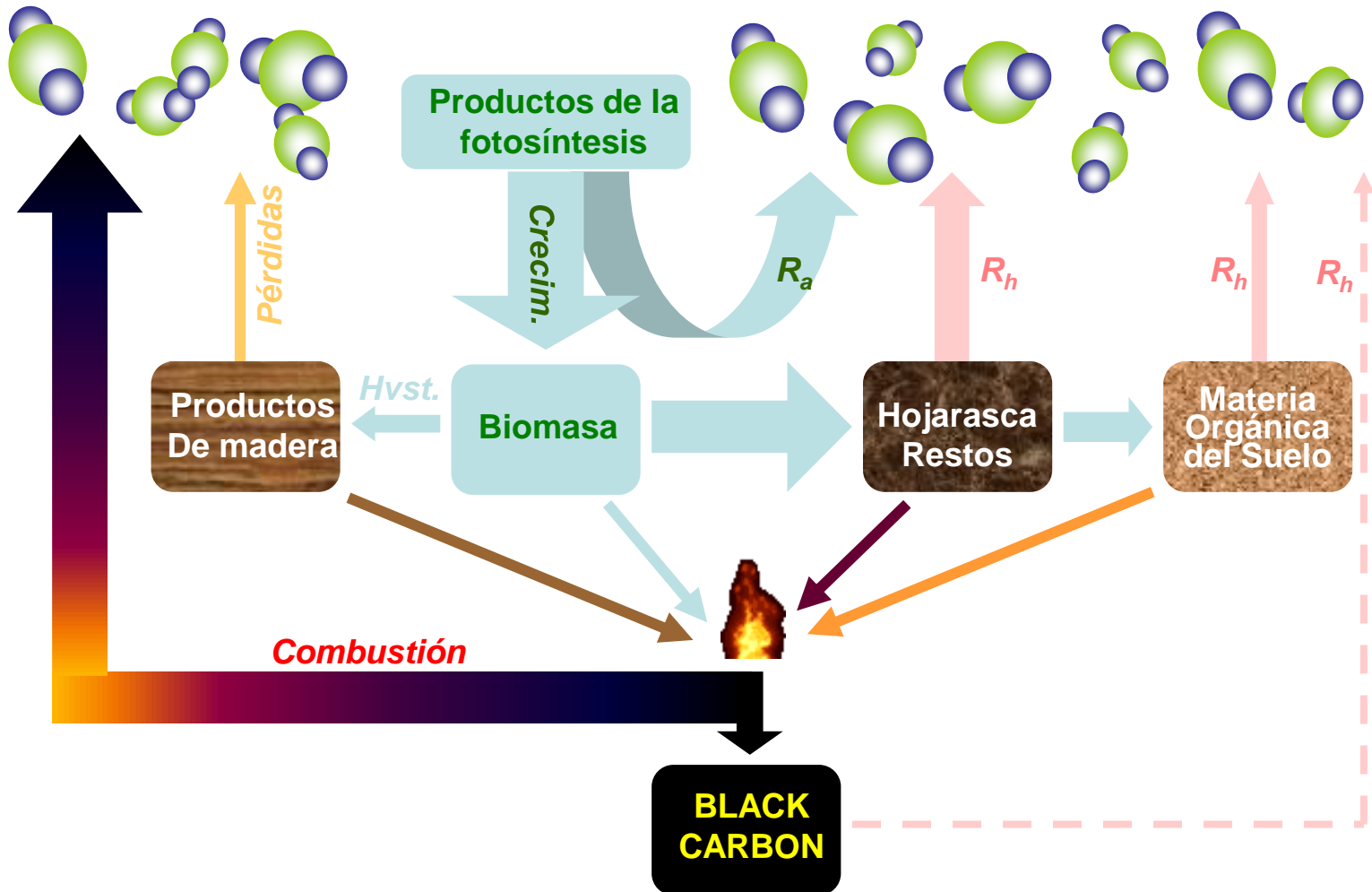
## Incendios a escala global



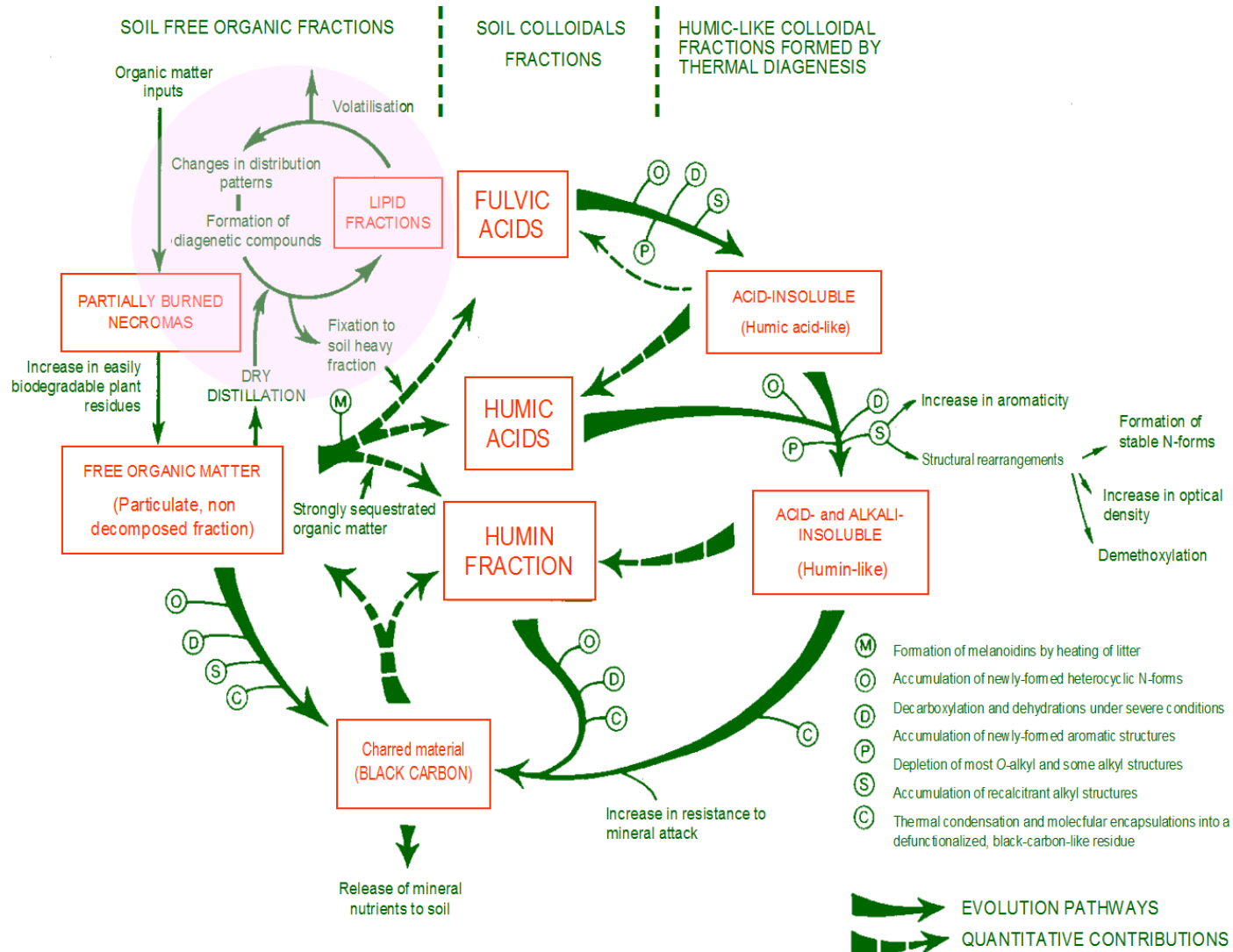
Los incendios de vegetación son un fenómeno global que ocurre de forma reiterada en los bosques tropicales de Brasil e Indonesia, los templados de los Estados Unidos de América y Europa, los boreales de China y Canadá, en las sabanas tropicales Africanas y en las tierras cultivadas de todo el mundo. Entre  $530$  y  $555 \times 10^6$  Ha se ven afectadas por el fuego anualmente. Al año se queman entre  $10$  y  $15 \times 10^6$  Ha de bosque boreal y templado,  $20$  y  $40 \times 10^6$  Ha de bosque tropical y hasta  $500 \times 10^6$  Ha de sabanas y bosques tropicales y subtropicales. Estos fuegos representan un 60% del total de las 87 Gt de biomasa que se quema cada año en el mundo.

El área quemada anual estimada para la UE es de unas  $0.5 \times 10^6$  Ha de las cuales más del 90 % ocurren en los países mediterráneos.

## El ciclo del carbono en el suelo



# Efecto del fuego en la MOS



# Efectos del fuego sobre las propiedades del suelo

Los incendios forestales producen impactos sobre diferentes propiedades del suelo:

<i><b>Propiedades físicas, físico-químicas y mineralógicas</b></i>	<i><b>Propiedades químicas</b></i>
Hidrofobicidad	"Cantidad" de materia orgánica
Estructura	"Calidad" de materia orgánica
Densidad	Disponibilidad de nutrientes
pH	Capacidad intercambio catiónico
Textura	Saturación en bases
Mineralogía	<i><b>Propiedades biológicas</b></i>
Color	Biomasa microbiana
Temperatura	Composición de la comunidad microbiana
	Actividad microbiana

La Materia orgánica es un compartimento del suelo que interviene en importantes procesos y reacciones biogeoquímicas con impacto directo sobre la producción primaria y la biodiversidad



## Efectos del fuego sobre las propiedades del suelo

Los **incendios forestales** producen importantes impactos ecológicos y ambientales derivados en parte de efectos a corto y medio plazo sobre las propiedades físicas, químicas y sobre la composición, propiedades y dinámica de la fracción más funcional del suelo, la materia orgánica.

Sin embargo, los efectos del fuego sobre las propiedades coloidales del suelo son **reversibles**

La ***hipótesis de partida*** es que si dicha reversibilidad es cierta debemos ser capaces de encontrar indicadores del grado de recuperación de la calidad de los suelos

La detección temprana de la recuperación de suelos es clave para la toma de decisiones y la planificación de las acciones de restauración medioambiental que siguen a los episodios de incendios forestales

## Efecto del fuego en la MOS

El estudio de los efectos de los incendios forestales sobre la materia orgánica del suelo (MOS) es un tema de investigación complejo:

La mayoría de los cambios y reacciones inducidos por los incendios no tienen su origen exclusivamente en la acción del fuego

El suelo es un sistema abierto y dinámico

**Heterogeneidad y complejidad química de la MOS**

Impactos dependientes de numerosos factores ambientales como: tipo, duración e intensidad del incendio, grado de humedad, tipo de suelo, tipo de vegetación, temperatura, velocidad del viento, topografía,...

Por tanto, la mayor parte de las investigaciones sobre la influencia del fuego en el *status* de la MOS se han basado en el estudio de las distintas fracciones de la MO por separado

Componentes fácilmente biodegradables, restos de vegetación y animales

Sustancias no húmicas  
Polisacáridos, ligninas, resinas, **LÍPIDOS**, etc

Sustancias húmicas  
AH, AF, Huminas

“Black carbon”  
BC

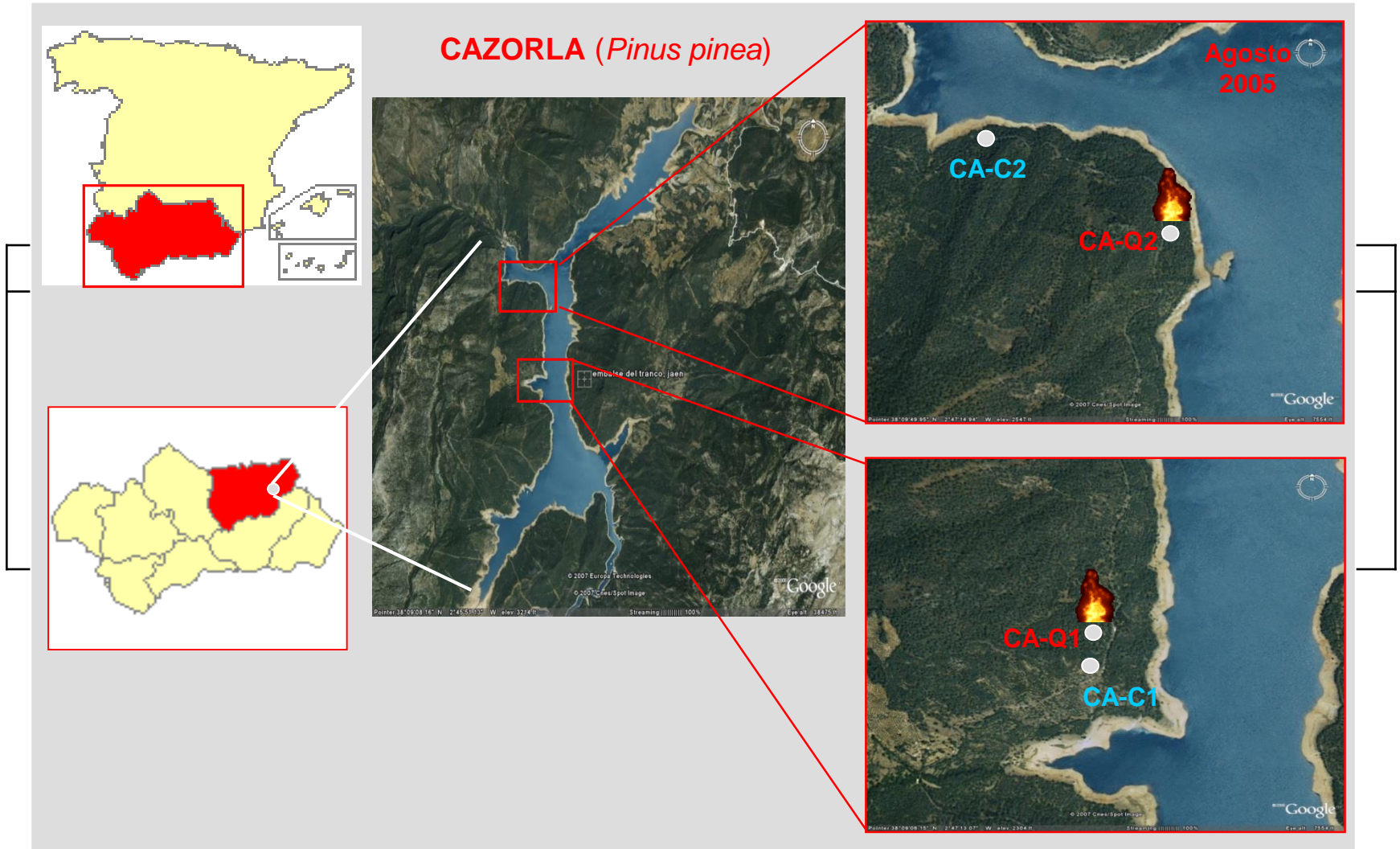


# Muestras seleccionadas para este estudio

## Suelos afectados por incendios (ecosistemas Mediterráneos)

<b>Cazorla</b>	<b>Control</b>	<b>N 38° 09' 01,5'' W 2° 47' 16,3''</b>
	<b>Quemado</b>	<b>N 38° 09' 10,4'' W 2° 47' 18,8''</b>
<b>Nerva</b>	<b>Control</b>	<b>N 37° 43' 40,0'' W 6° 33' 48,2''</b>
	<b>Quemado</b>	<b>N 37° 43' 54,9'' W 6° 33' 41,4''</b>
<b>Alájar</b>	<b>Control</b>	<b>N 37° 53' 14,7'' W 6° 41' 36,0''</b>
	<b>Quemado</b>	<b>N 37° 53' 10,1'' W 6° 41' 38,0''</b>
<b>Aznalcóllar</b>	<b>Control</b>	<b>N 37° 34' 12,9'' W 6° 23' 34,1''</b>
	<b>Quemado 1</b>	<b>N 37° 34' 21,0'' W 6° 22' 20,3''</b>
	<b>Quemado 2</b>	<b>N 37° 35' 32,9'' W 6° 22' 16,0''</b>
	<b>Quemado 3</b>	<b>N 37° 34' 18,3'' W 6° 18' 30,3''</b>

## Muestras seleccionadas para este estudio





## Muestras seleccionadas para este estudio



Alájar Alcornoque (quemado)



Alájar Alcornoque (control)



Aznaicóllar (quemado)



Nerva Pino (quemado)

## Parámetros físico-químicos generales

	pH	COT	NT		Ca	Mg	K	P
Muestra	(1:2.5)	.....(%).....		↓ C/N	.....(mg/kg).....			
CR-C-03	6.55	3.04	0.16	19.00	1375	242	210	2.2
CR-Q-03	6.46	1.16	0.09	12.90	705	137	56	5.7
CR-C-05	6.16	2.40	0.23	10.30	110	253	273	4.5
CR-Q-05	6.66	1.30	0.11	11.93	885	260	97	1.5
CR-C-06	6.37	1.80	0.18	9.73	770	212	277	1.4
CR-Q-06	6.19	1.20	0.14	8.51	850	221	159	1.1
SC-C-03	6.18	5.20	0.22	23.60	1580	268	193	10.3
SC-Q-03	6.11	3.24	0.35	9.30	1580	184	130	30.1
SC-C-05	5.34	6.60	0.55	12.00	1140	317	151	4.2
SC-Q-05	5.34	2.80	0.18	15.82	645	180	105	8.3
SC-C-06	5.70	<0.2	0.48	-	1710	479	242	2.2
SC-Q-06	5.70	2.80	0.16	17.18	870	141	176	22.4
CA-C1-05	8.75	3.60	0.43	8.31	4210	457	354	2.0
CA-Q1-05	8.21	3.70	0.43	8.66	3230	832	329	3.4
CA-C1-06	8.75	3.20	0.17	19.05	4440	509	437	3.7
CA-Q1-06	8.25	7.90	0.66	12.01	9320	885	397	44.5
AZ-C-05	4.56	1.70	0.21	8.13	555	131	96	<1
AZ-Q1-05	7.06	4.10	0.23	17.60	1650	300	133	9.9
AZ-Q2-05	5.97	3.10	0.22	14.09	1360	322	145	2.0
AZ-Q3-05	5.82	4.30	0.28	15.19	1280	357	200	7.5
AZ-C-06	5.27	14.80	1.12	13.20	1980	298	122	13.5
AZ-Q1-06	5.87	4.90	0.38	18.89	1190	491	90	2.3
AZ-Q2-06	6.23	4.90	0.58	8.38	2070	408	321	11.6
AZ-Q3-06	6.59	5.10	0.51	10.08	3020	445	333	12.6



# Parámetros indicadores de la actividad microbiológica

## A) Diversidad microbiana:

- Recuento directo al microscopio.
- Recuento de bacterias y hongos viables.

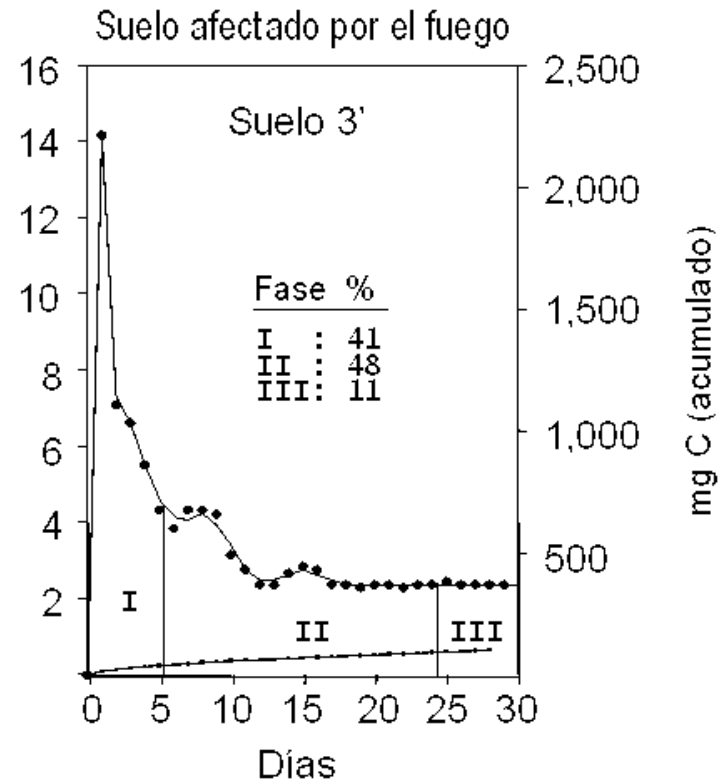
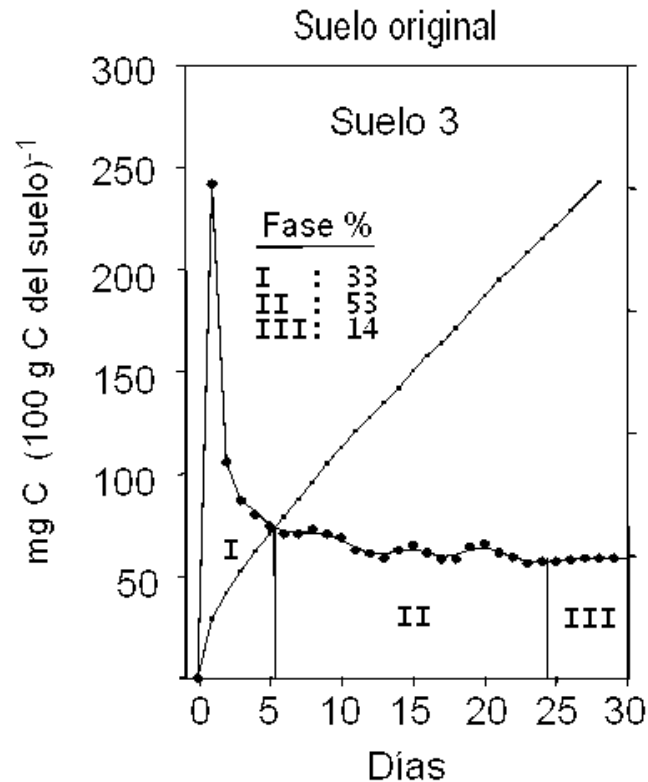
## B) Diversidad bioquímica. Valoración de actividades enzimáticas relacionadas con los ciclos del carbono, nitrógeno y fósforo.

## C) Actividad respiratoria del suelo (*Respicond IV*, IRNAS-CSIC).



# Parámetros indicadores de la actividad microbológica

## Actividad respiratoria



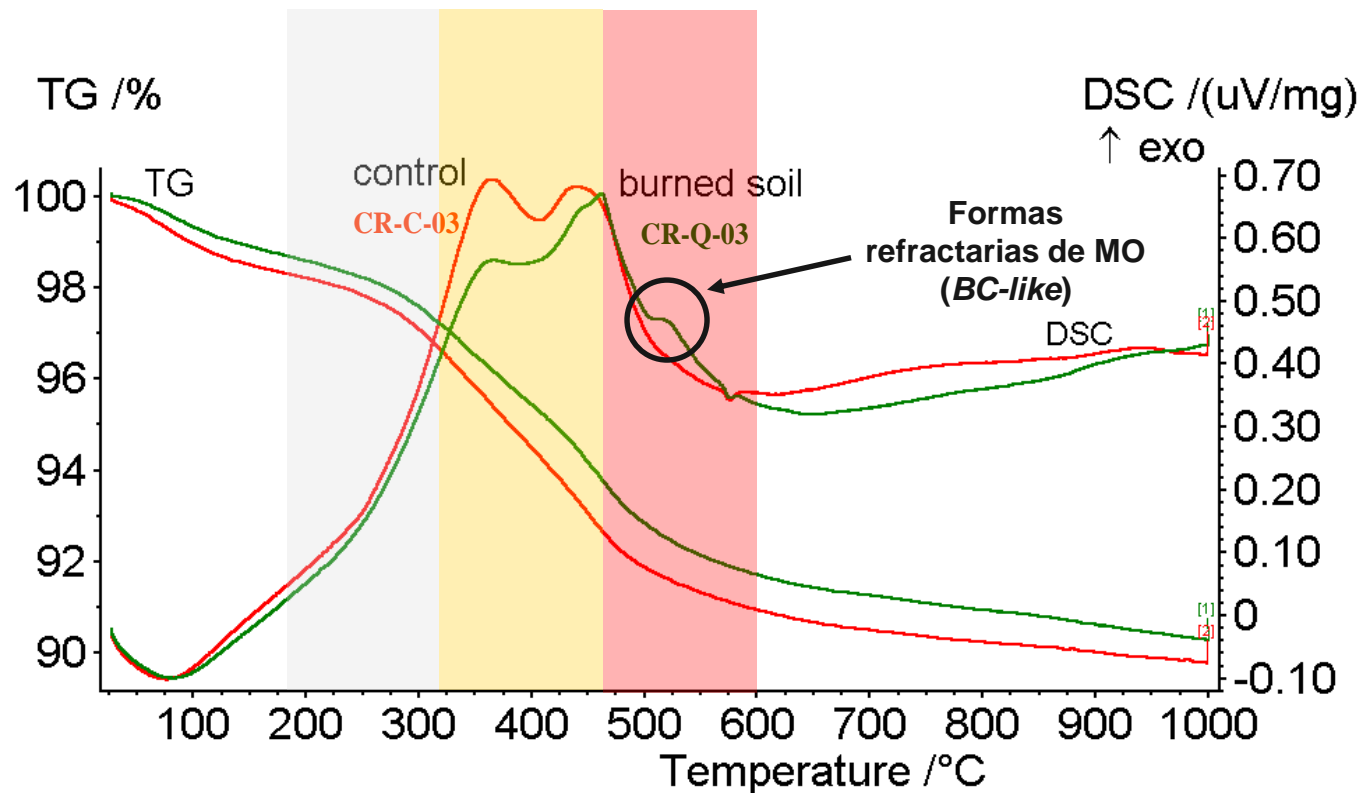
# Cambios en la estructura general de la MOS: TERMOGRAVIMETRÍA

## Técnicas termogravimétricas (tg-dsc)

- Poca cantidad de muestra.
- Mínima preparación previa.
- Elevada reproducibilidad.
- Numerosas aplicaciones en el análisis de matrices complejas.



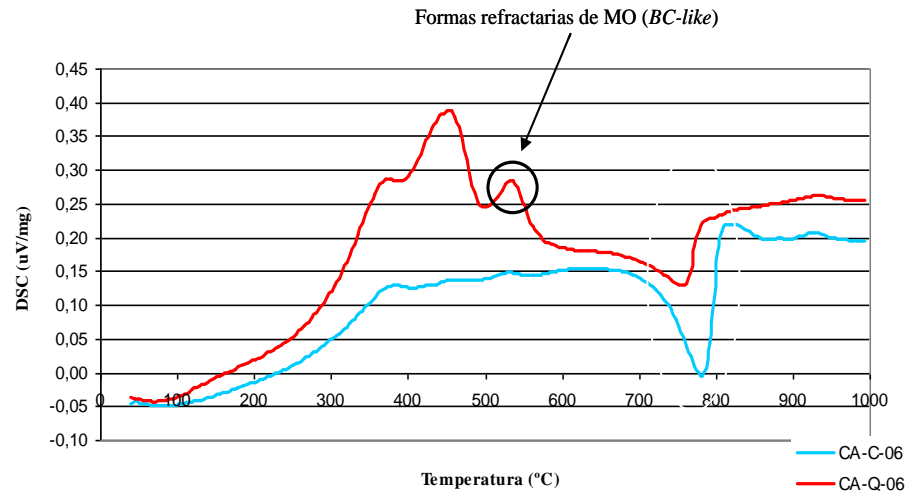
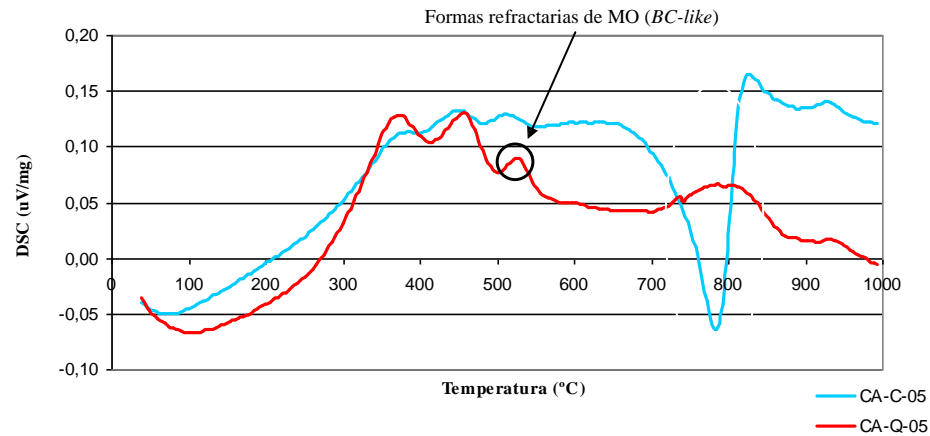
## Cambios en la estructura general de la MOS: TERMOGRAVIMETRÍA



Castaño del Robledo-Sierra de Aracena

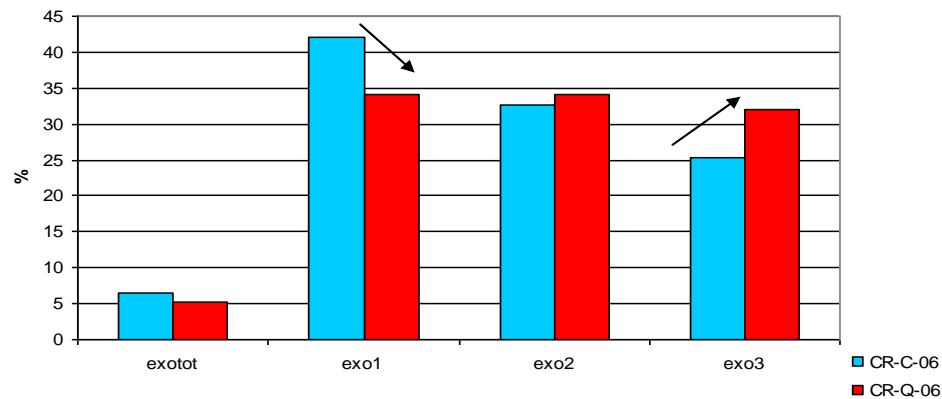
# Cambios en la estructura general de la MOS: TERMOGRAVIMETRÍA

Sierra de Cazorla



## Cambios en la estructura general de la MOS: TERMOGRAVIMETRÍA

Código	200–380 °C	380–475 °C	475–650 °C	exotot	exo1	exo2	exo3
CR-C-03	3,13	2,69	1,71	7,5	41,6	35,7	22,7
CR-Q-03	2,68	2,45	2,02	7,1	37,5	34,3	28,2
				exotot	exo1	exo2	exo3
CR-C-05	3,23	2,72	2,00	7,9	40,6	34,2	25,2
CR-Q-05	1,64	1,51	1,53	4,7	35,0	32,3	32,7
				exotot	exo1	exo2	exo3
CR-C-06	2,72	2,10	1,63	6,4	42,2	32,6	25,3
CR-Q-06	1,81	1,81	1,70	5,3	34,0	34,0	31,9

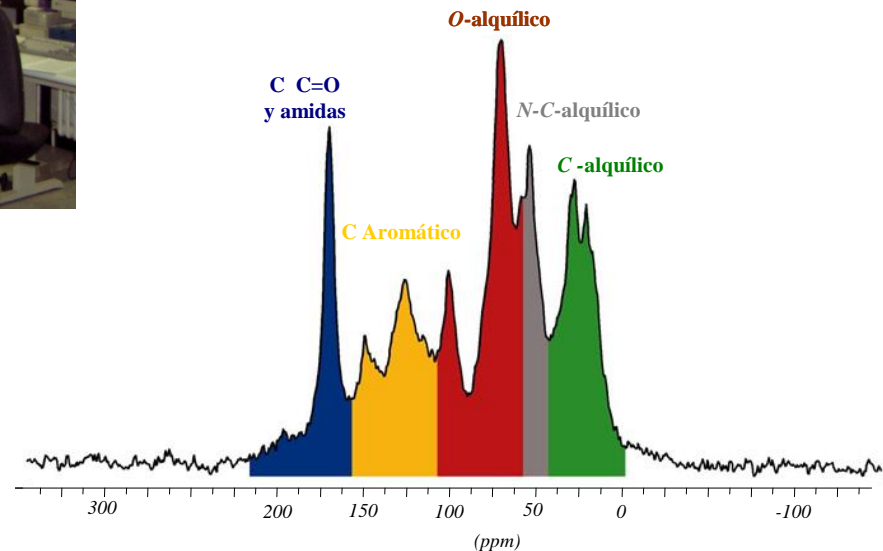




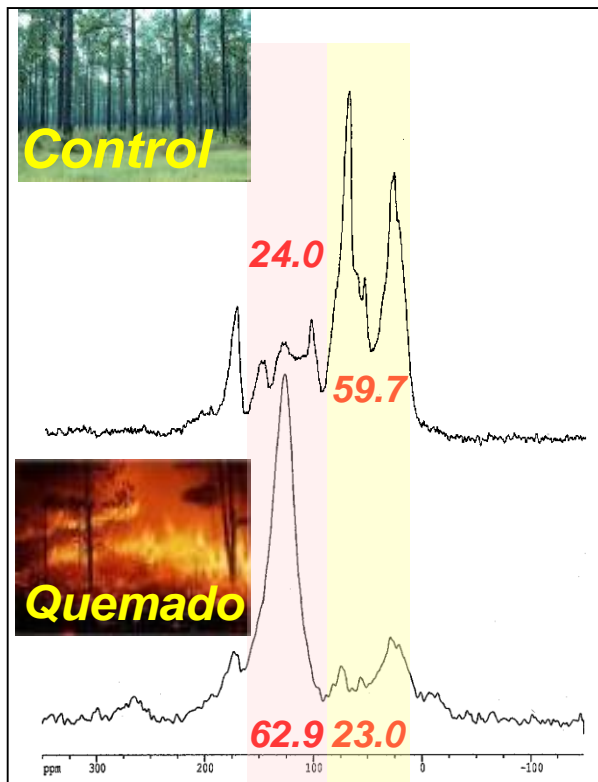
# Cambios en la estructura general de la MOS: CPMAS $^{13}\text{C}$ (RMN en estado sólido)



- Caracterización estructural de formas de MO macromolecular.
- Espectros de alta resolución con tiempos de adquisición razonables.
- Suelos completos sin extracción o fraccionamiento previos.
- Cuantitativa.



# Cambios en la estructura general de la MOS: CPMAS $^{13}\text{C}$ (RMN en estado sólido)

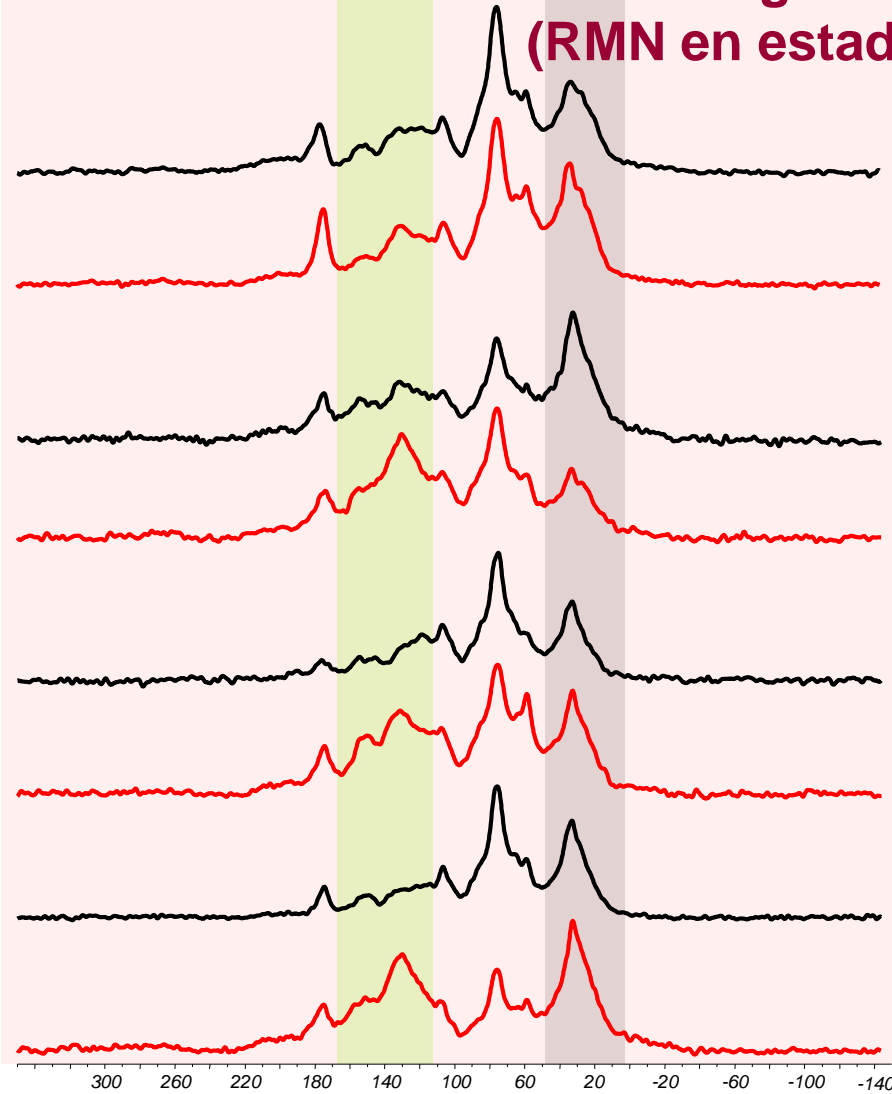


**Aromatic area (160ppm-110ppm)**

**Aliphatic area (110ppm-45ppm)**

Integrated Region	Control	Burnt
325.88 – 301.44	0.35	0.11
301.44 – 244.72	0.68	3.34
244.72 – 186.72	3.37	2.87
186.72 – 160.27	7.92	7.75
160.27 – 140.39	5.41	11.89
140.39 – 109.93	11.57	42.33
109.93 – 90.78	6.99	5.46
90.78 – 60.32	26.97	5.98
60.32 – 45.55	8.23	3.04
45.55 – 0.50	27.71	13.88
0.50 – -40.17	0.78	3.34

## Cambios en la estructura general de la MOS: CPMAS $^{13}\text{C}$ (RMN en estado sólido)



Cazorla (Pino) 2005

Aznalcollar (Alcornoque) 2006

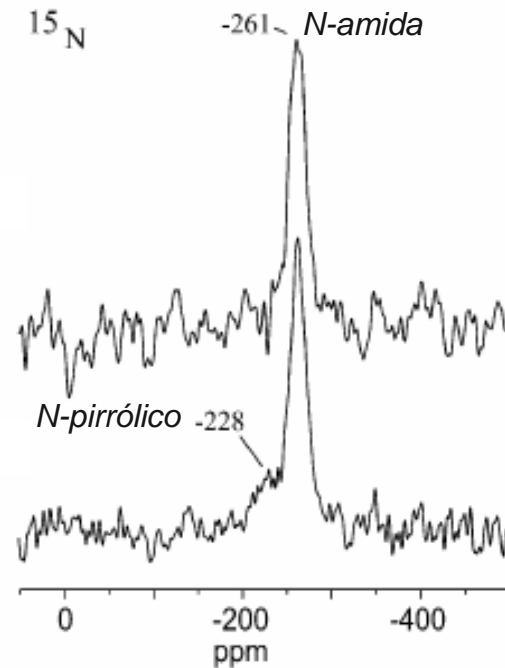
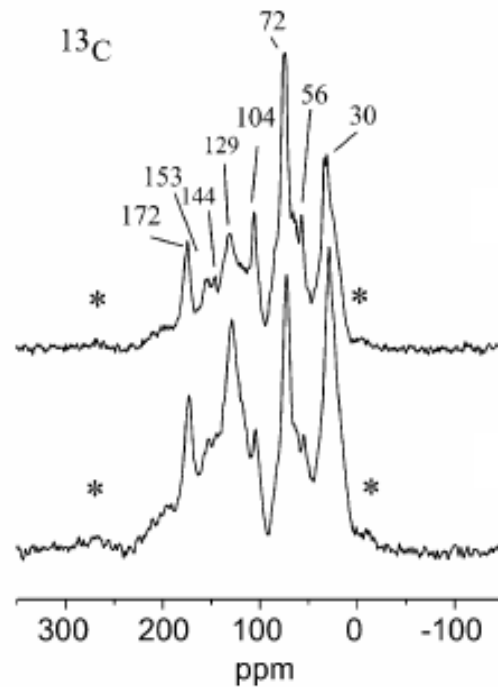
Alajar (Castaño) 2003

Nerva (Pino) 2003

## Cambios en la estructura general de la MOS: CPMAS $^{15}\text{N}$ (RMN en estado sólido)

$^{13}\text{C}$  NMR

$^{15}\text{N}$  NMR



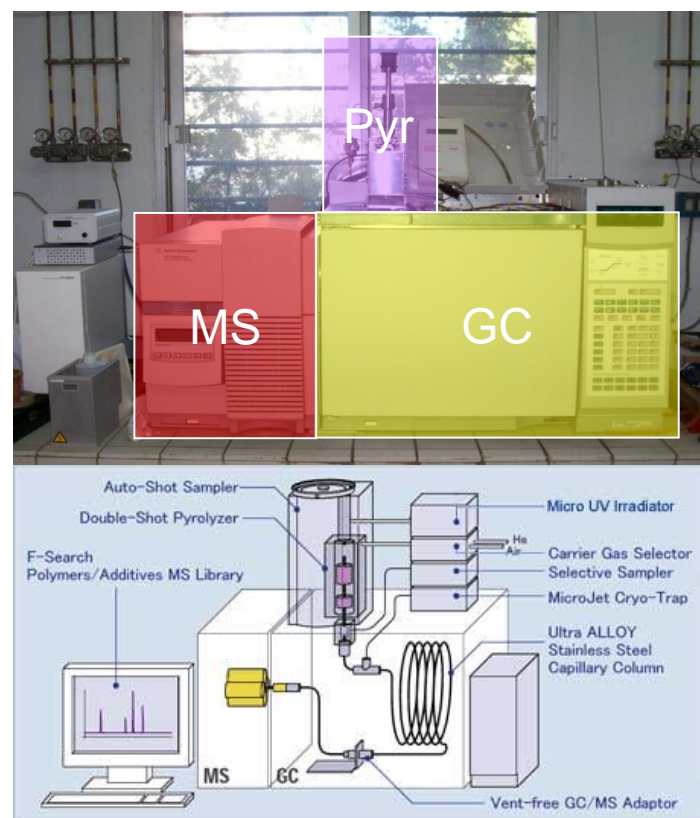
Knicker *et al.* (2004) Soil Biol. Biochem

# Cambios en la estructura específica de la MOS: Pirólisis Analítica

**Método de degradación** capaz de transformar compuestos complejos no-volátiles en una mezcla de fragmentos volátiles mediante el uso de altas temperaturas (350-600°C) en ausencia de oxígeno.

Los compuestos liberados por pirólisis son analizables por diferentes técnicas, normalmente GC/MS.

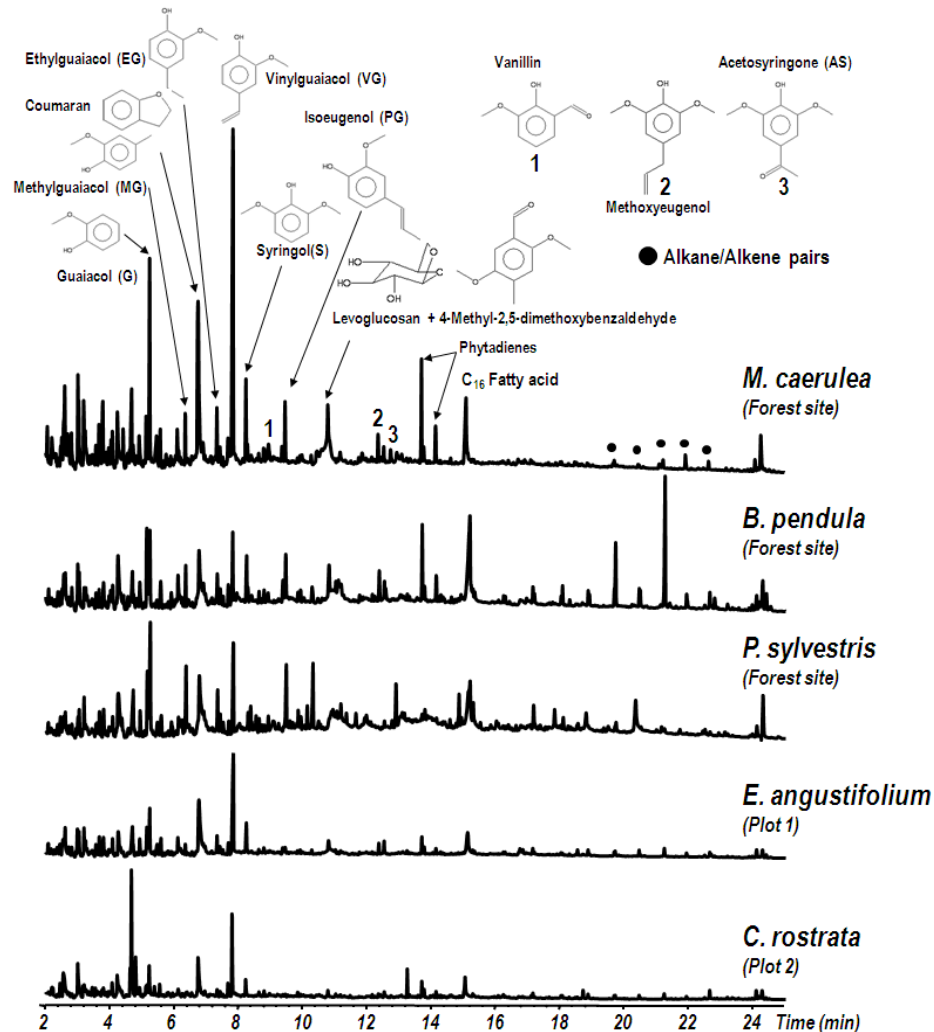
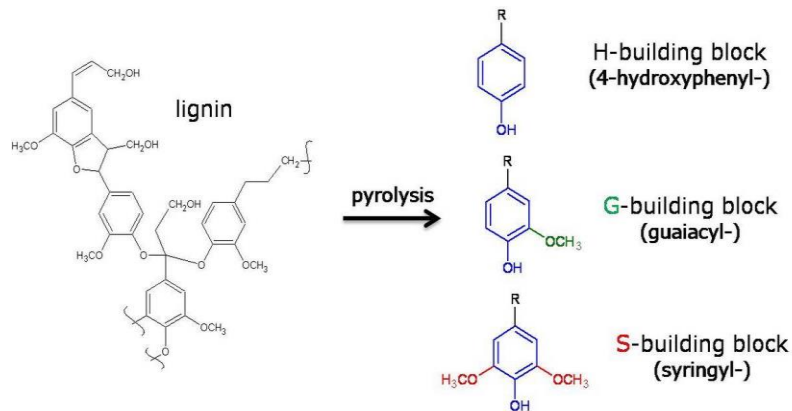
- Degradación térmica en conexión con GC-MS.
- Elevada reproducibilidad.
- Mínima preparación previa.
- Información de la muestra bruta total – interpretación cualitativa y semicuantitativa.



# Cambios en la estructura específica de la MOS: Pirólisis Analítica

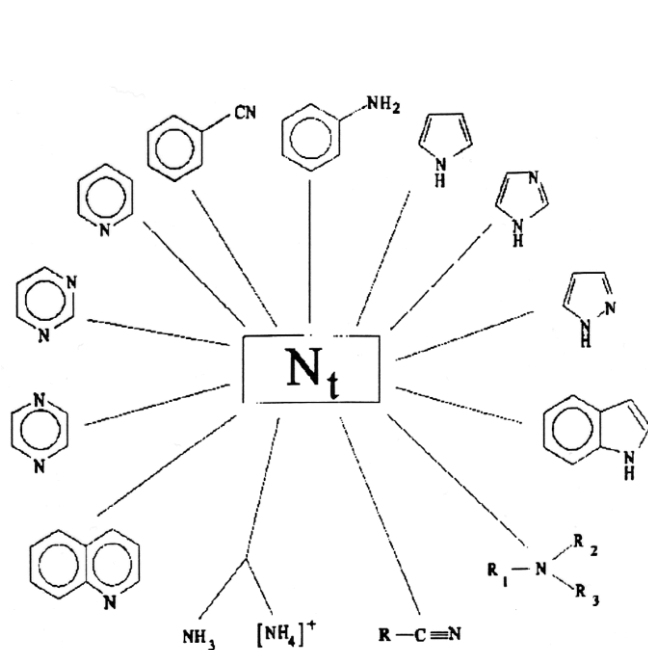
Mediante la pirólisis se rompen los enlaces de la MOS por calor de manera predecible y reproducible.

El análisis de los productos de degradación es informativo sobre la molécula original (precursor).

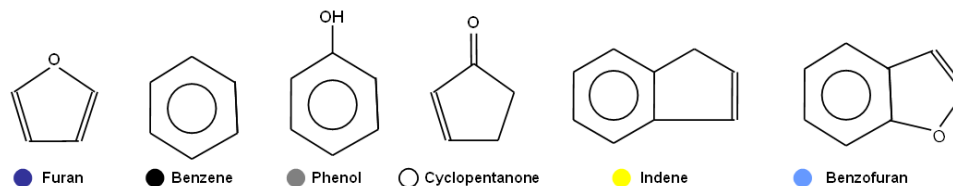
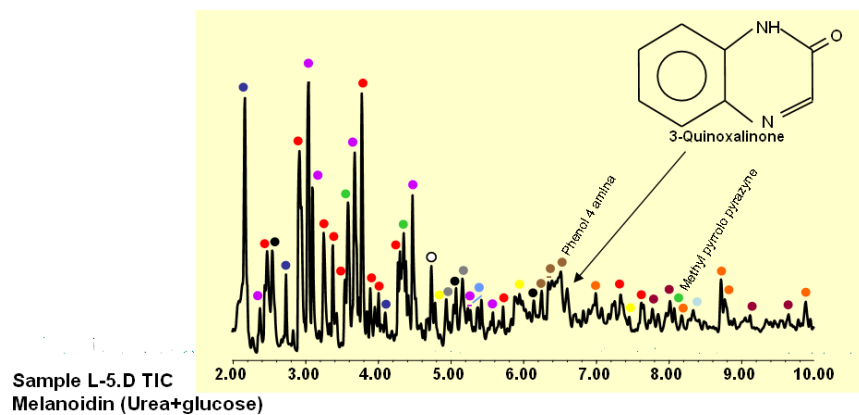
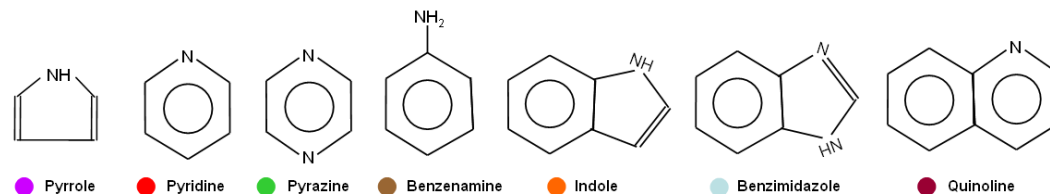




# Cambios en la estructura específica de la MOS: Pirólisis Analítica

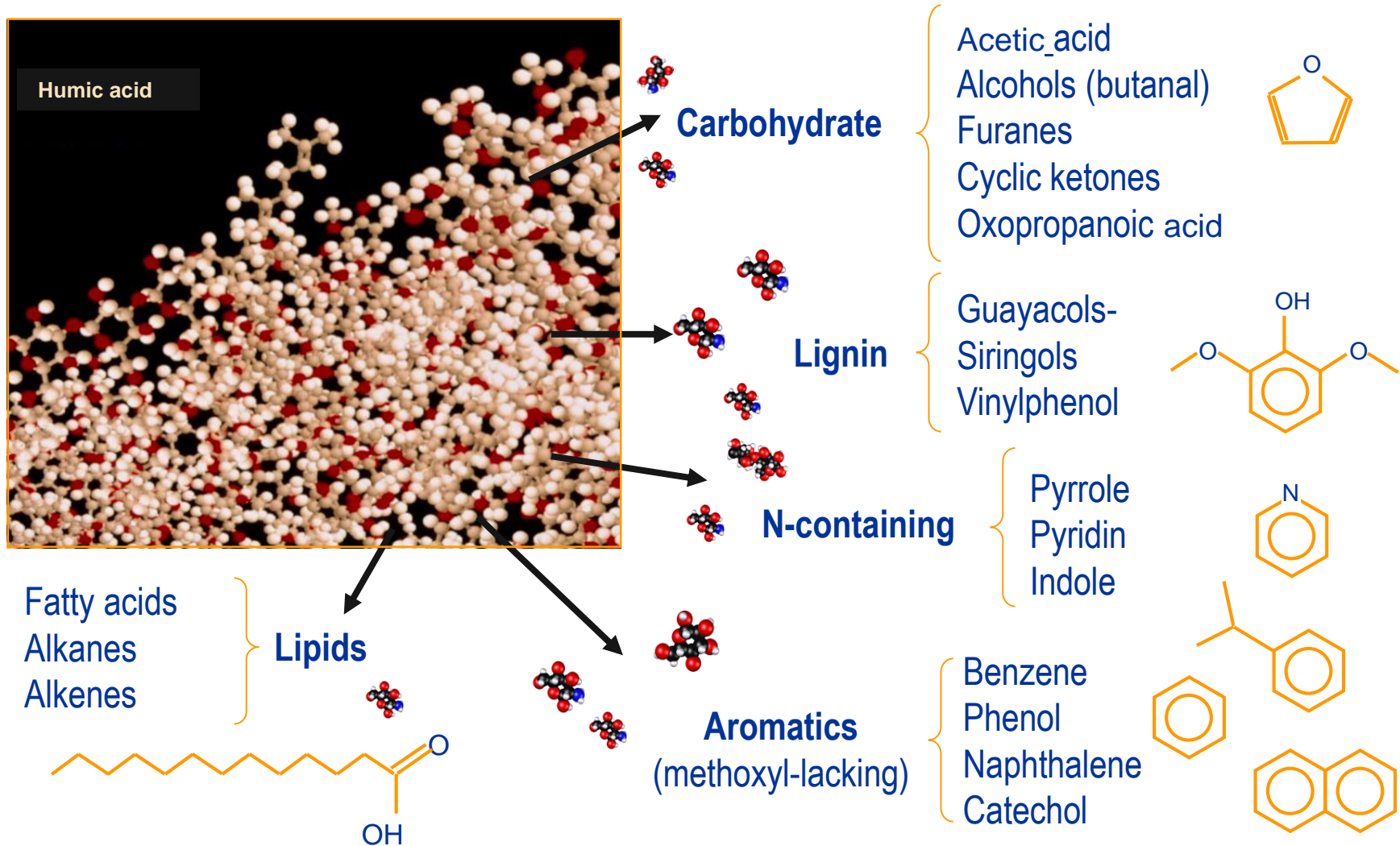


Compuestos de N liberados por pirólisis  
De: Schulten et al. (1995). Biol. Fert. Soils 20: 174

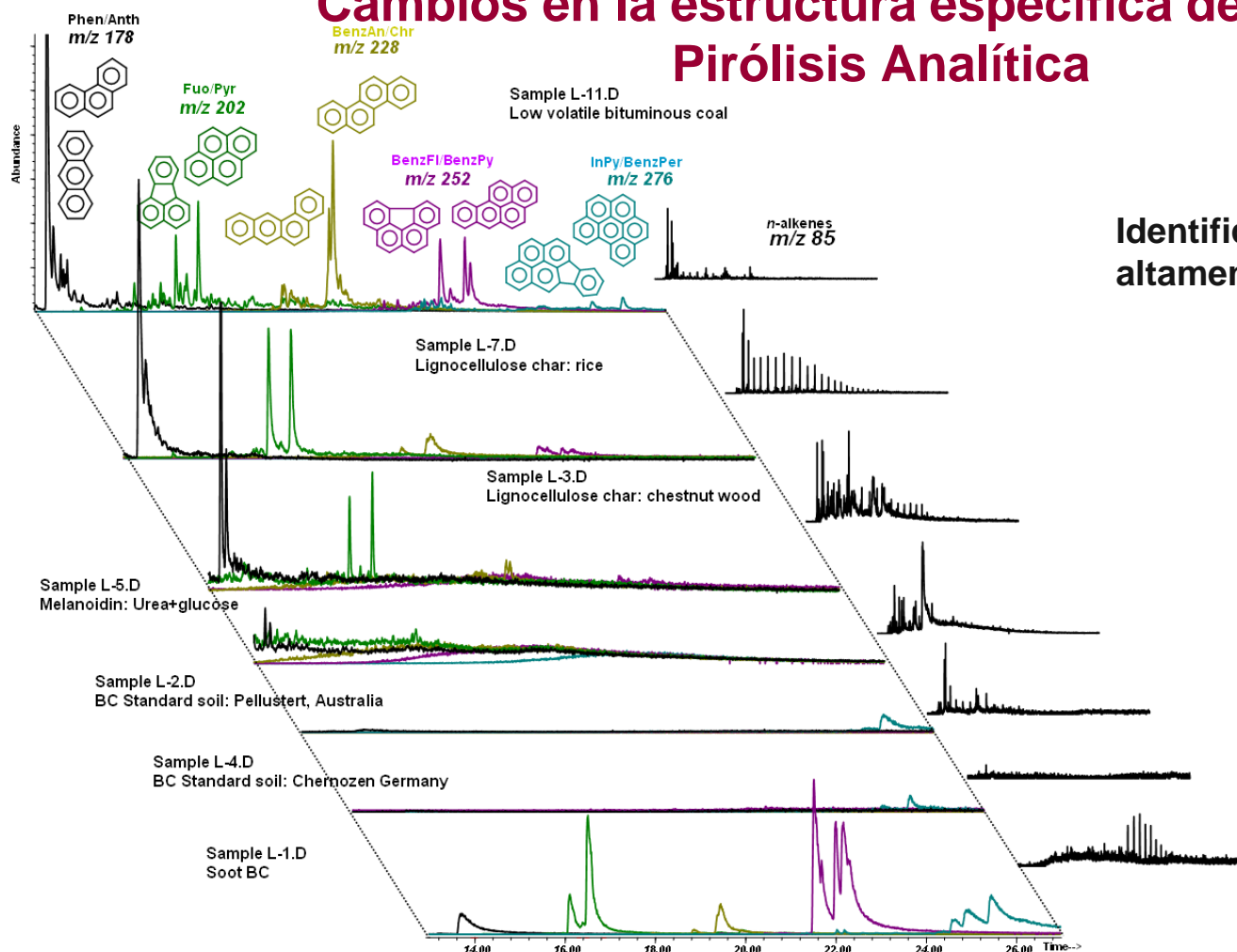


Pirograma de ión total de una pseudomelanoidina (Urea + Glucosa)

## PY-GC/MS de materia orgánica natural (MOS)



# Cambios en la estructura específica de la MOS: Pirólisis Analítica

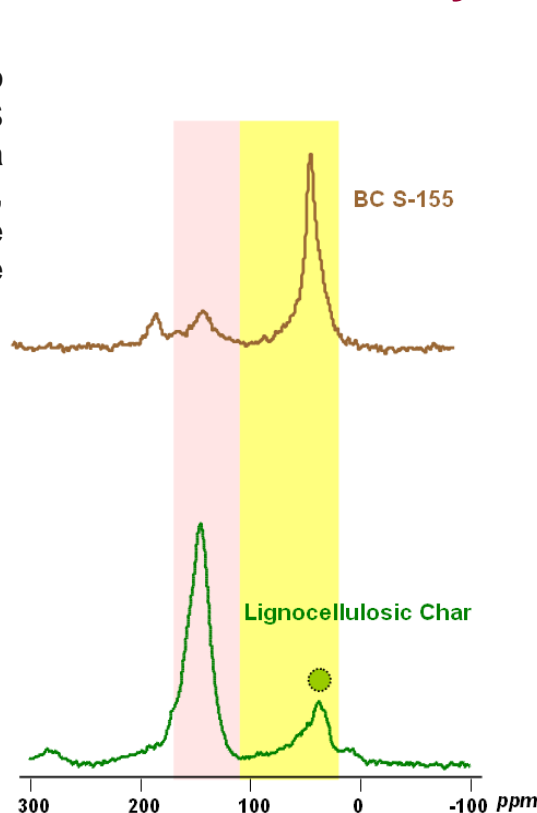


Identificación de productos  
altamente refractarios y tipo BC

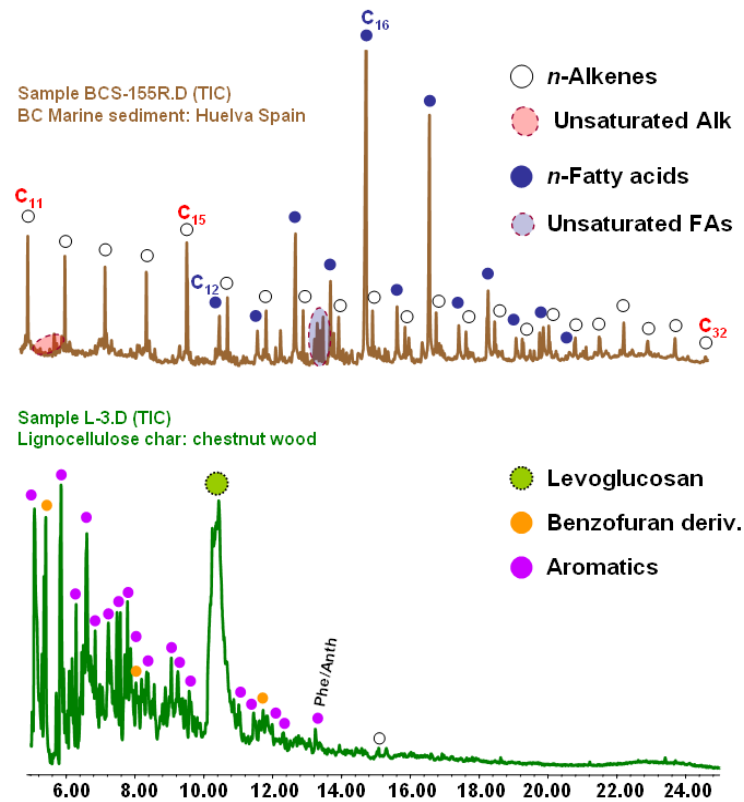
Pyrogramas de materiales de referencia para BC: SIM trazas para PAHs pirogénicos ( $m/z$  178, 202, 228, 252, 276) y compuestos alifáticos ( $n$ -alcanos;  $m/z$  85).

# Cambios en la estructura específica de la MOS: Pirólisis y NMR

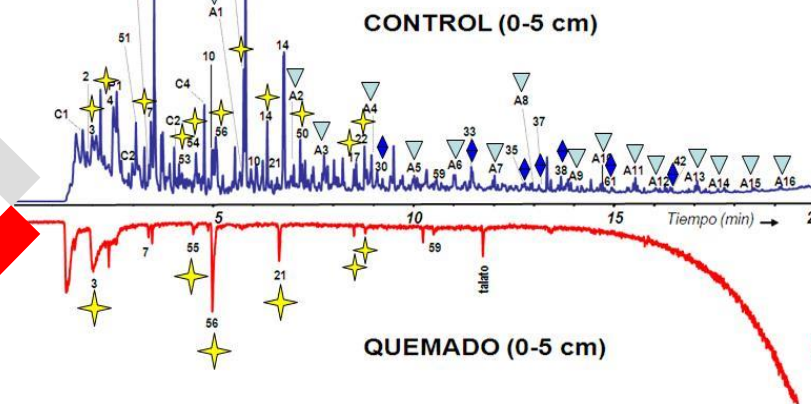
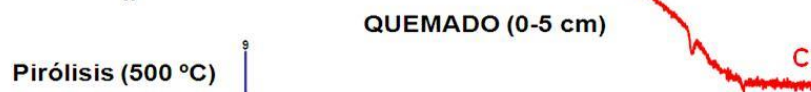
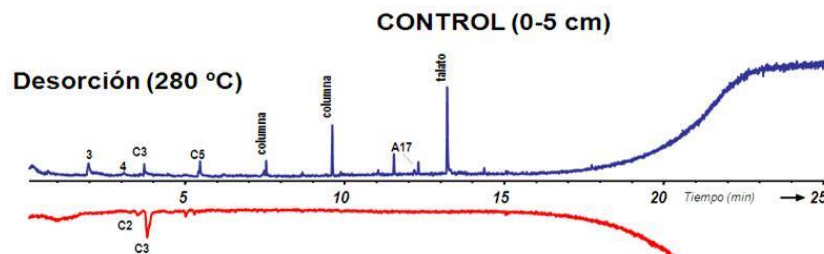
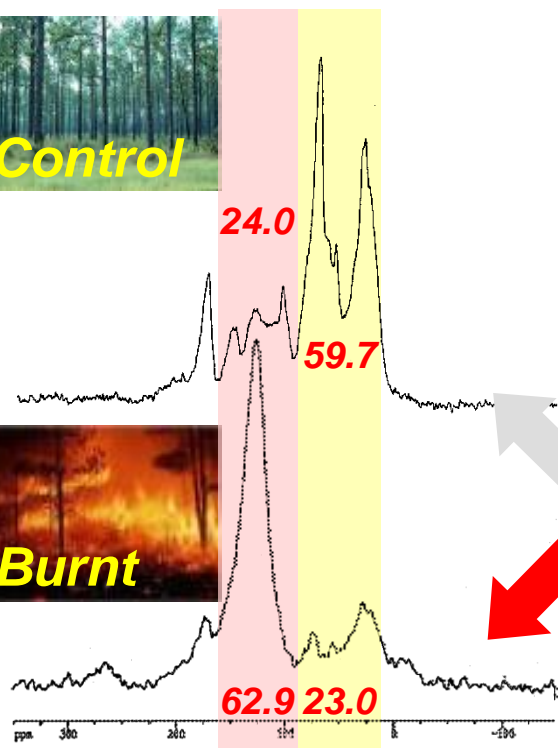
Espectros de  $^{13}\text{C}$  RMN en estado sólido y pirogramas de Py-GC/MS de una muestra de ROC aislada de un sedimento marino (Huelva, España) y una muestra de referencia de BC (madera de castaño quemada).



Aromatic area (160ppm-110ppm)  
Aliphatic area (110ppm-45ppm)



Highly refractory materials with aliphatic nature  
in samples with marine influence



- ★ Compuestos aromáticos
- ▽ Par alcano/alqueno
- ◆ PAHs

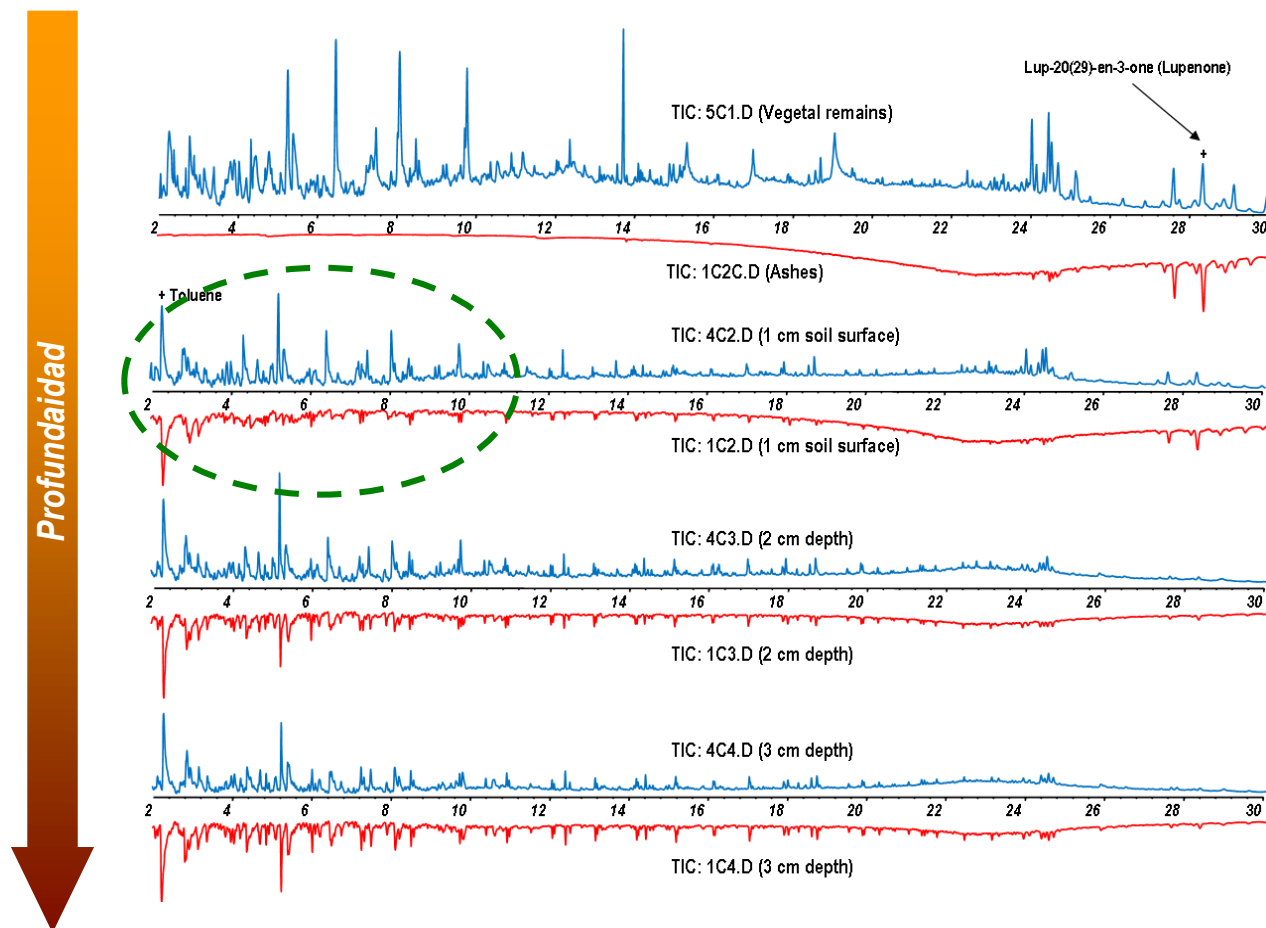


Aromatic area (160ppm-110ppm)

Aliphatic area (110ppm-45ppm)

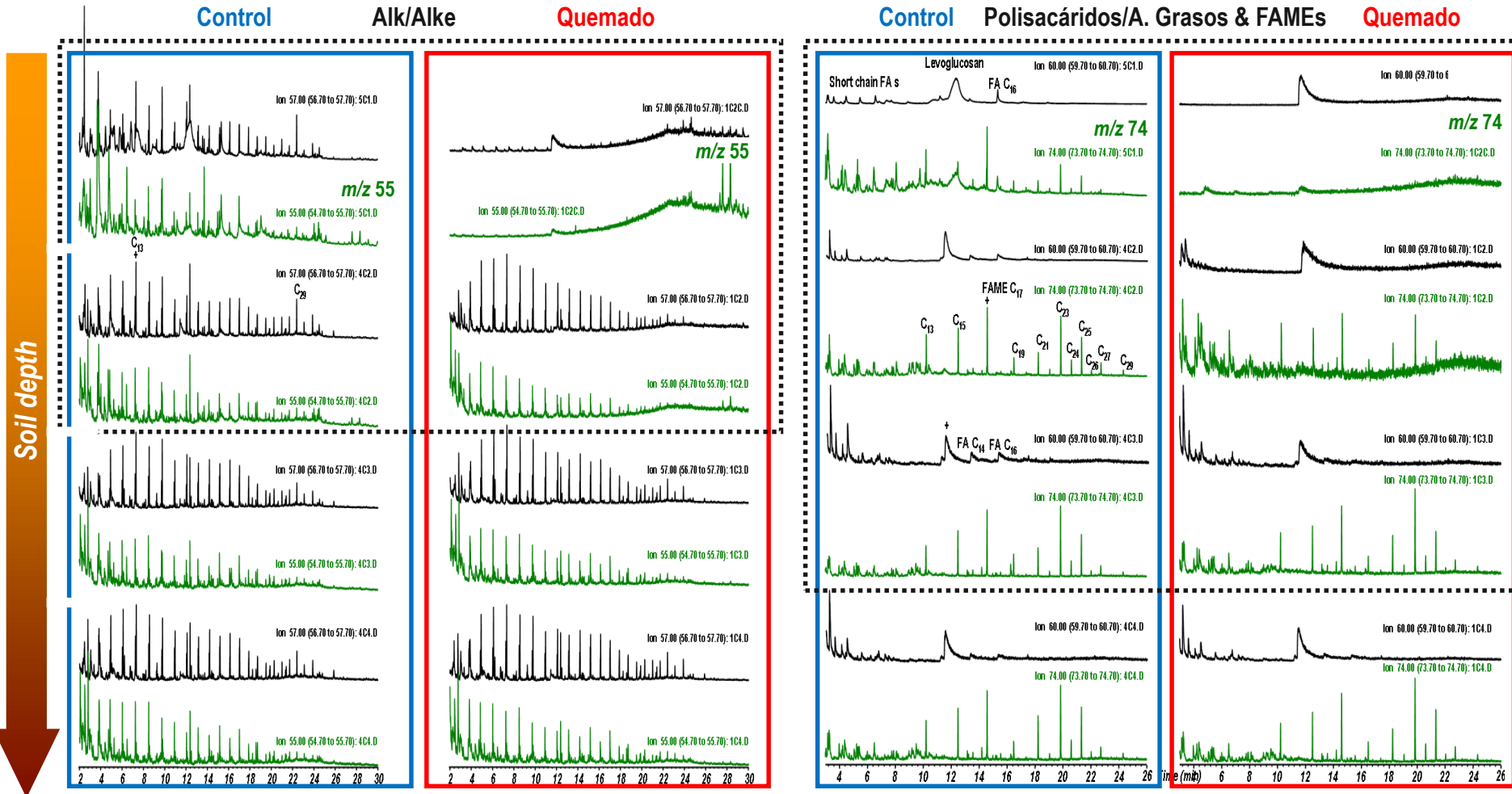
# Cambios en la estructura específica de la MOS: Pirólisis Analítica

Efecto del fuego a lo largo del perfil del suelo (Experimento de quema controlada 2011)

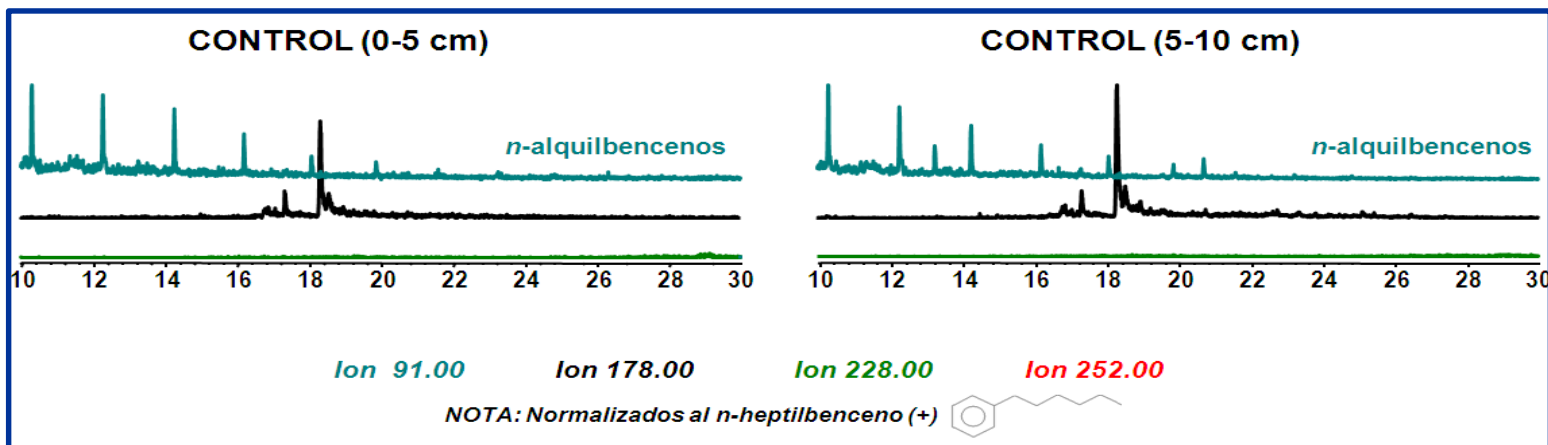
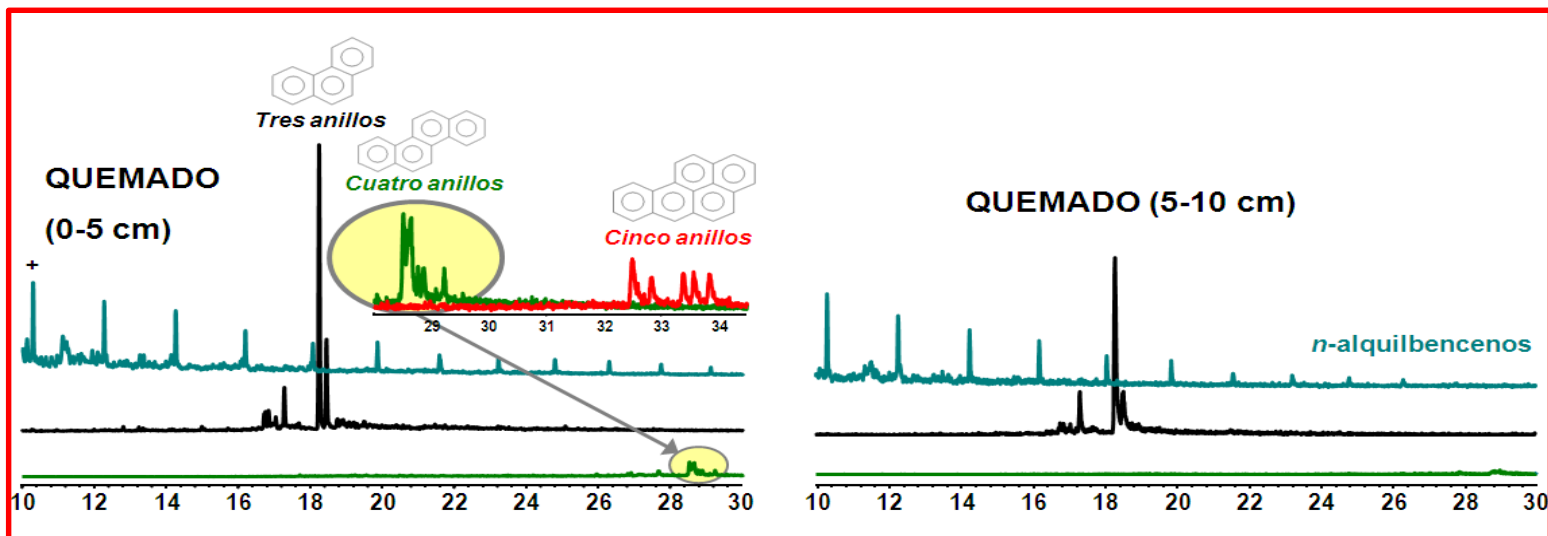




# Cambios en la estructura específica de la MOS: Pirólisis Analítica



## Cambios en la estructura específica de la MOS: Pirólisis Analítica

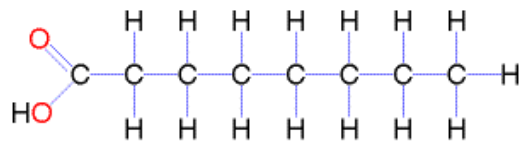


# Cambios en la estructura específica de la MOS:

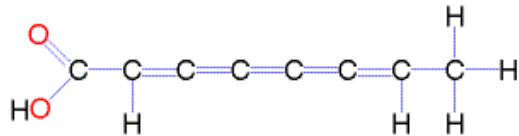
## Análisis de lípidos libres

### Fracción lipídica de la MOS

Los lípidos del suelo representan un grupo diverso de sustancias hidrófobas que van desde moléculas sencillas, como ácidos grasos, hasta sustancias más complejas como esteroides, terpenos, clorofilas, grasas, ceras o resinas.

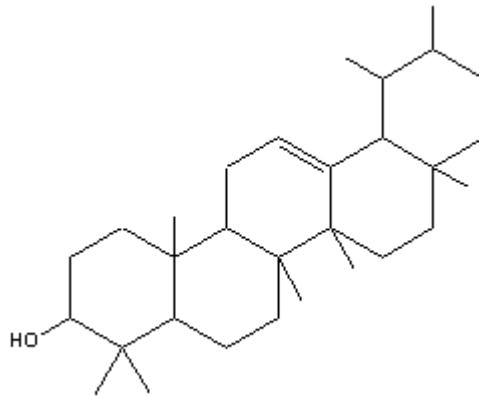


Saturated

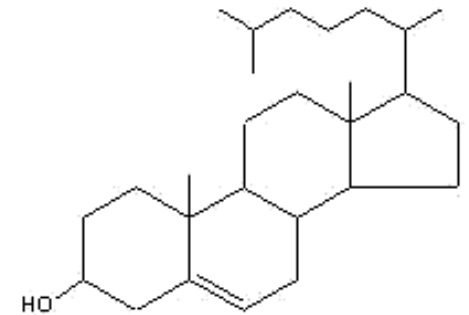


Unsaturated

Ácidos  
grasos



Terpenos-Amyrin



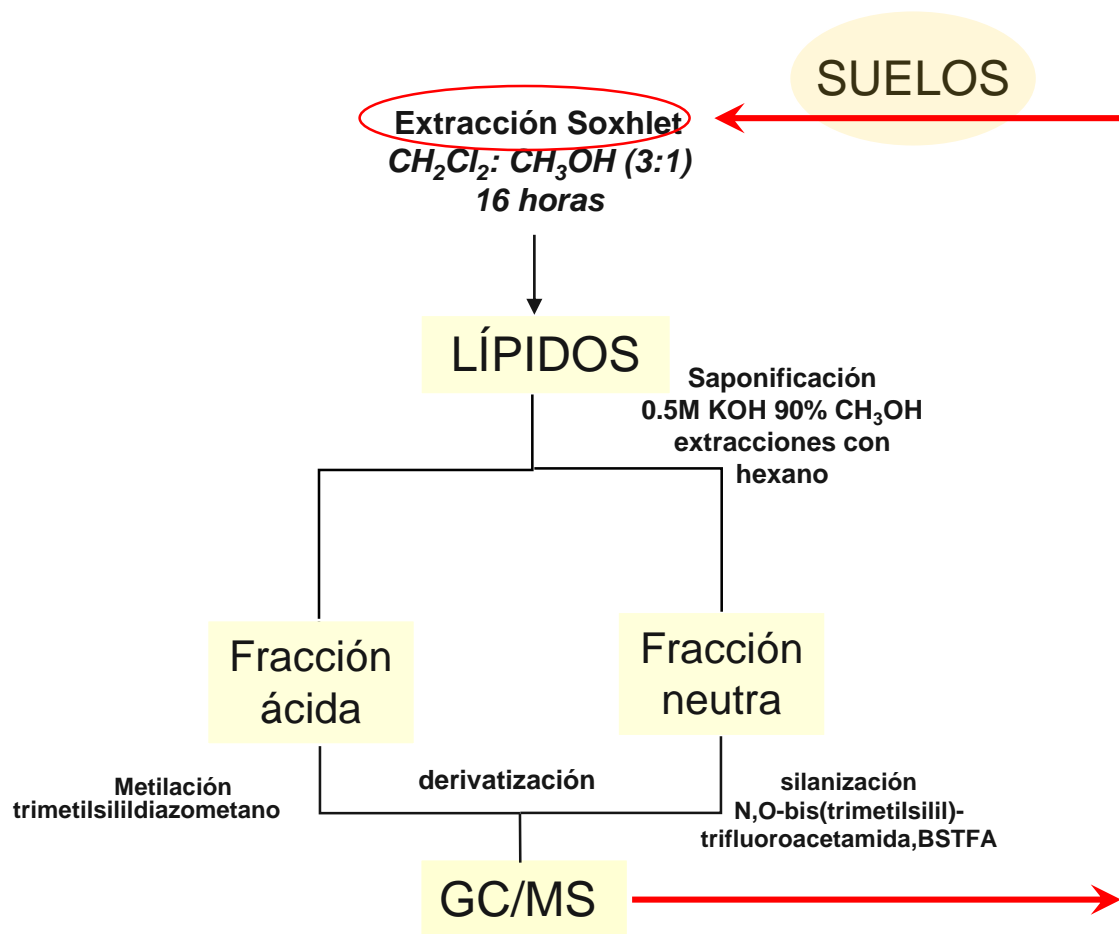
Cholesterol (cholest-5-en-3-ol)

Esteroides

### *Interés medioambiental de la fracción lipídica*

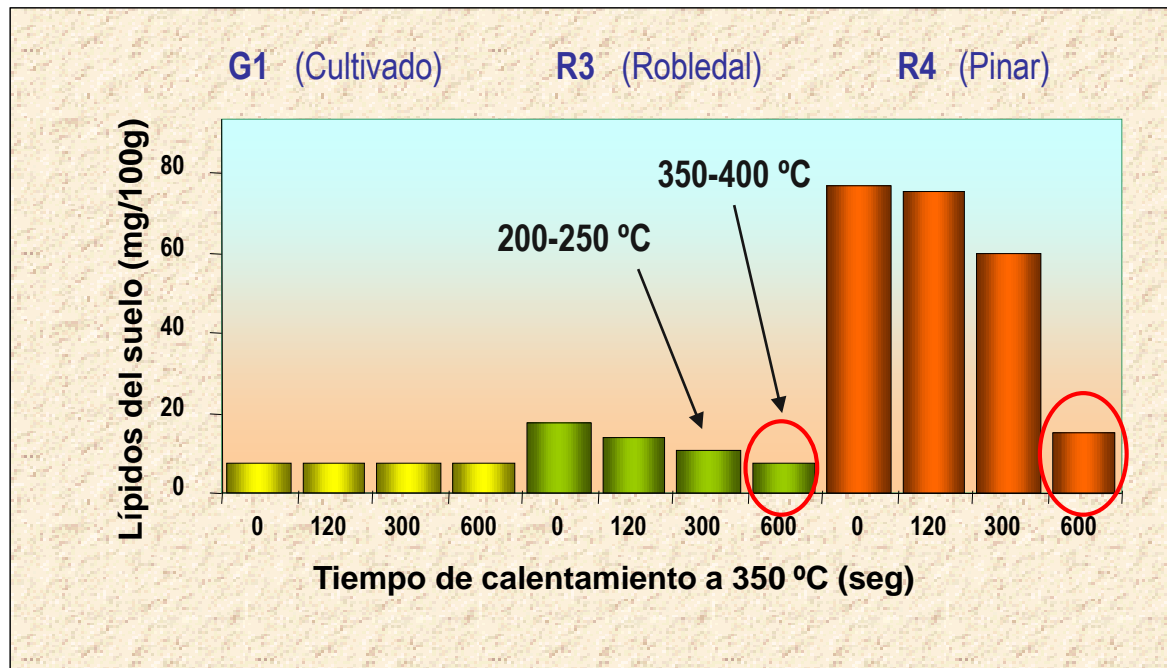
Es una fracción **lábil** y cambiante, que refleja rápidamente el impacto de los distintos factores que afectan al suelo, como por ejemplo los cambios de uso o el fuego. Se considera como un registro de información medioambiental.

# Cambios en la estructura específica de la MOS: Análisis de lípidos libres



## Cambios en la estructura específica de la MOS: Análisis de lípidos libres

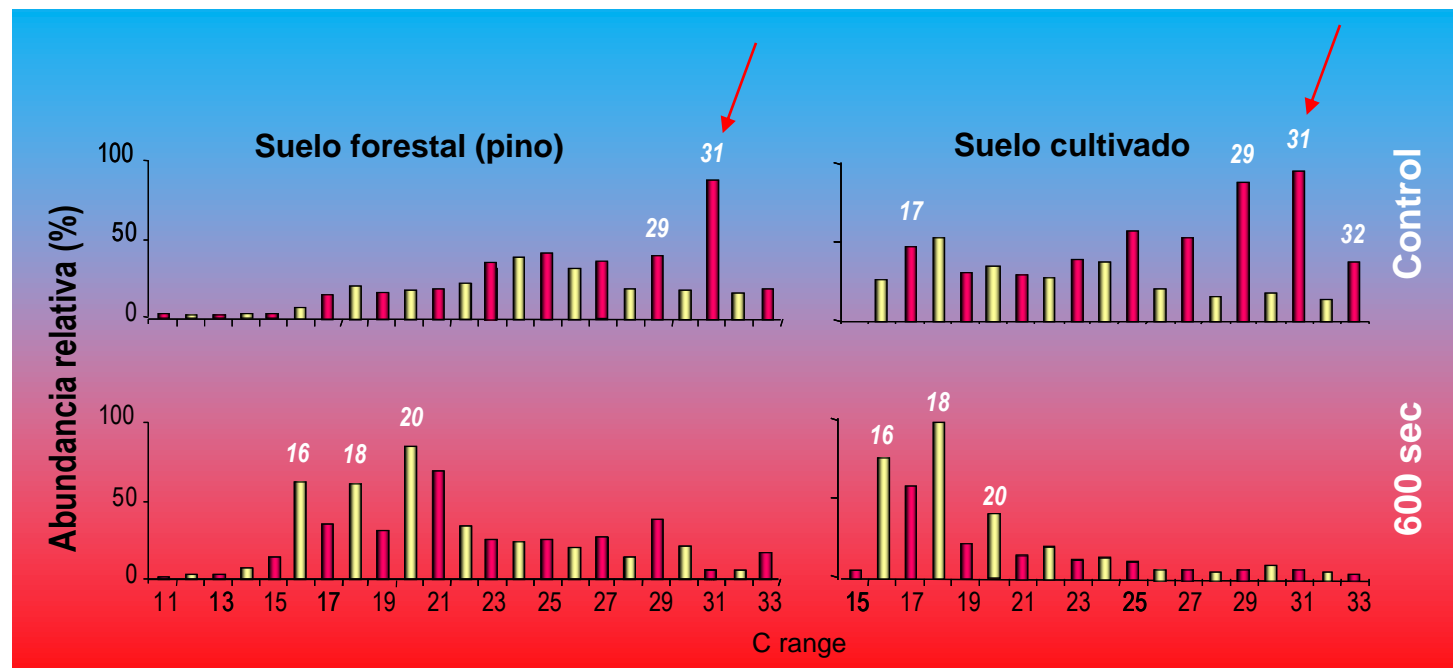
Efecto del fuego en la cantidad de lípidos libres (Experimento de calentamiento controlado)



## Cambios en la estructura específica de la MOS: Análisis de lípidos libres

El análisis de GC/MS de la fracción lipídica muestra que en las muestras control las series de alcanos presentan máximo en  $C_{31}$  y una predominancia de cadenas con número par de C.

En las muestras calentadas en el laboratorio, las series cambian hacia una predominancia de moléculas de cadena corta ( $<C_{25}$ ) y se pierde la predominancia impar natural.



Diagramas de distribución de *n*-alcanos de suelos control y suelos calentados a 350 °C por 600 segundos

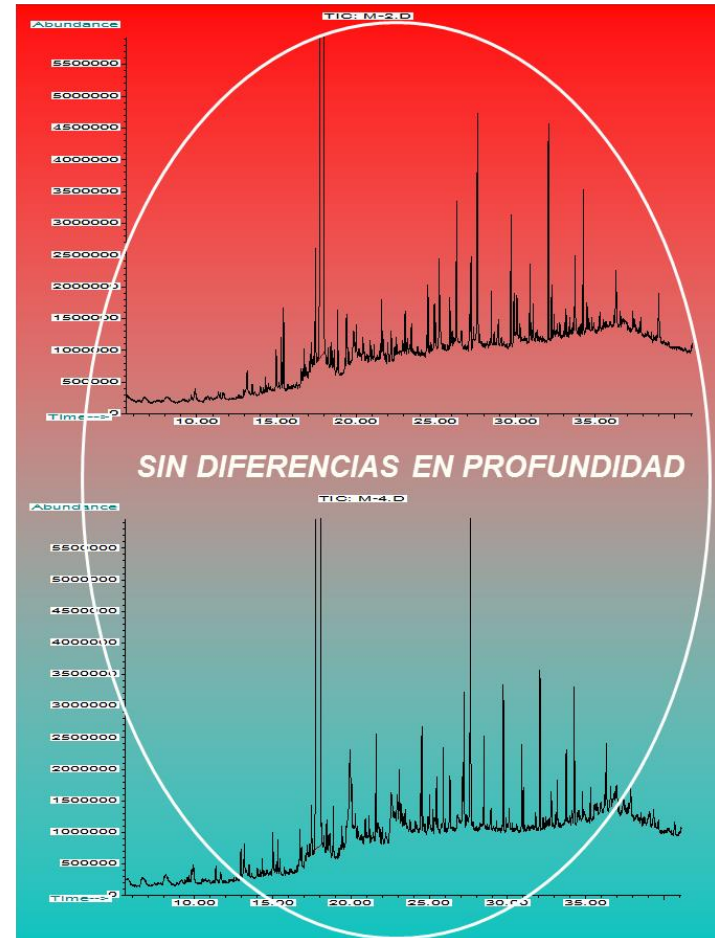
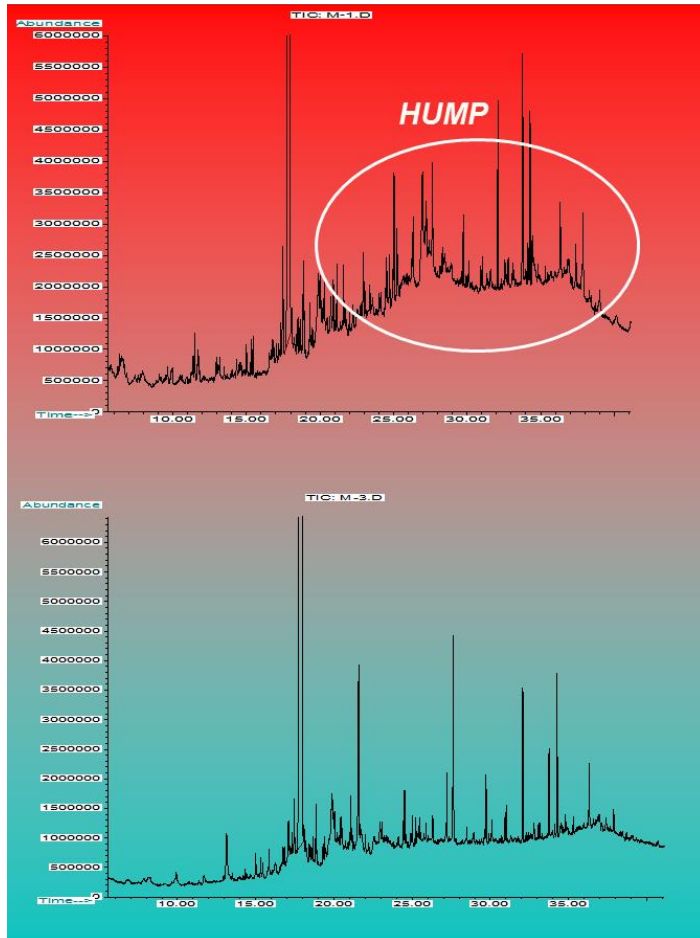


# Cambios en la estructura específica de la MOS: Análisis de lípidos libres PROFUNDIDAD

0-10 cm

10-20 cm

TIC

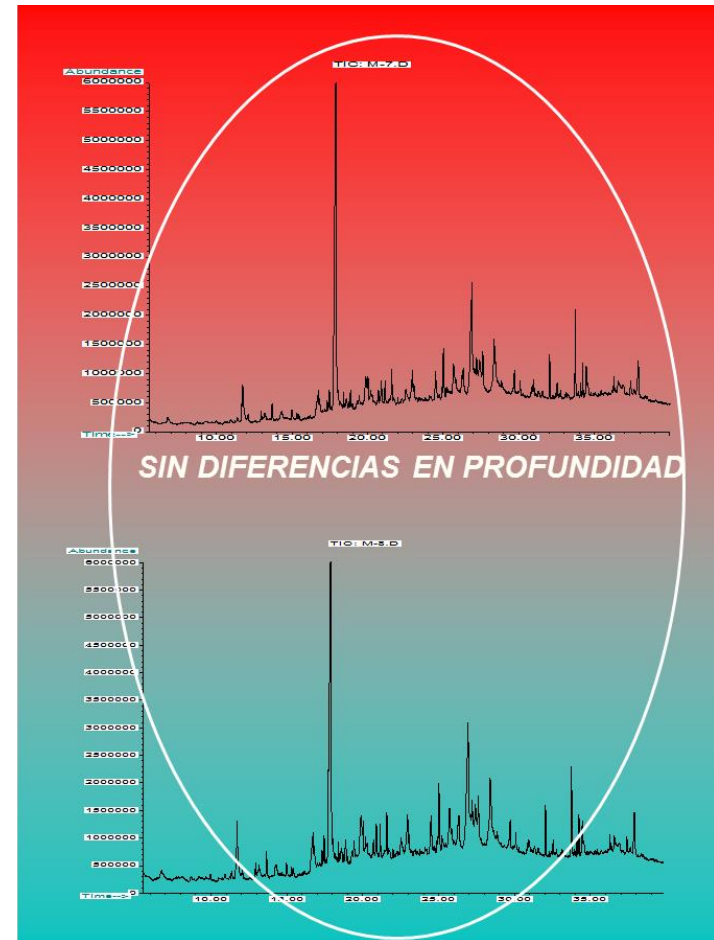
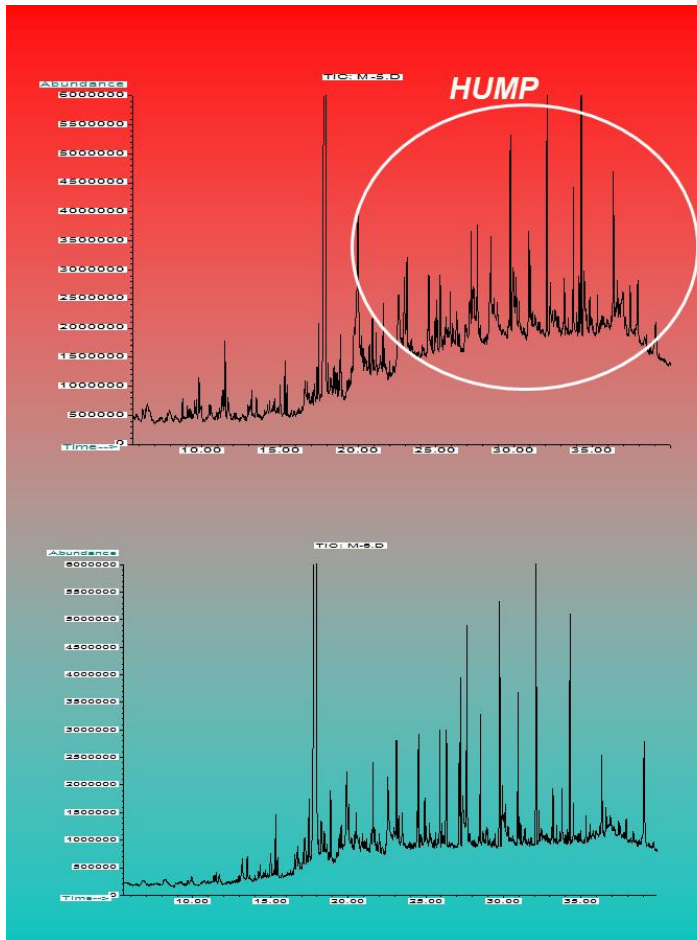


# Cambios en la estructura específica de la MOS: Análisis de lípidos libres PROFUNDIDAD

0-10 cm

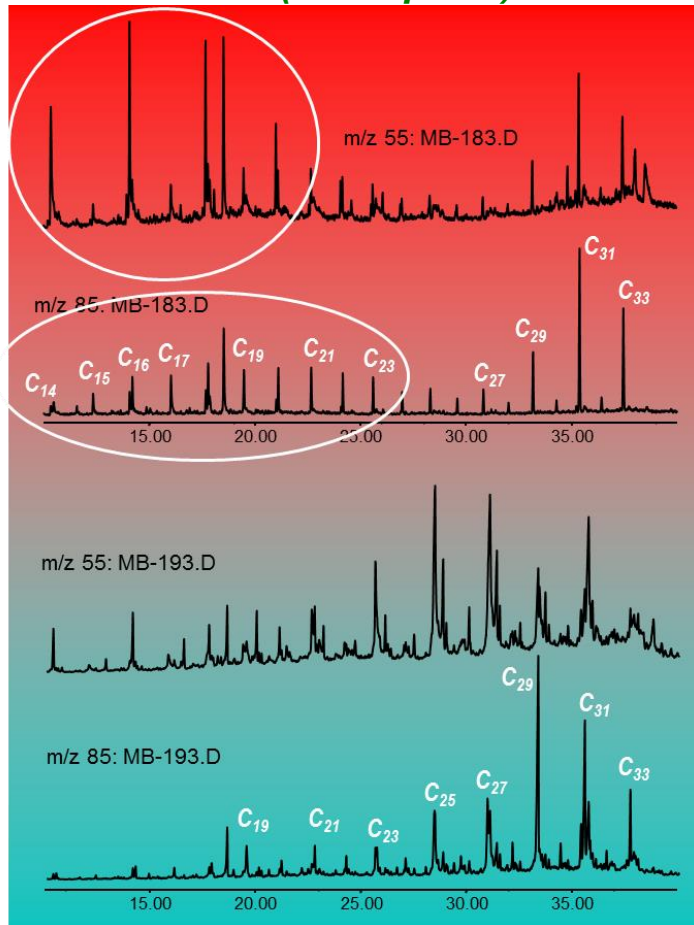
10-20 cm

TIC



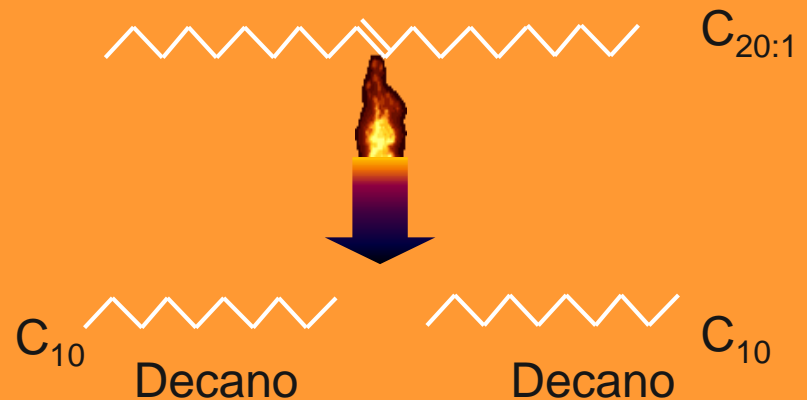
# Cambios en la estructura específica de la MOS: Análisis de lípidos libres, ALC/ALCANOLES

*Pino (Pinus pinea)*



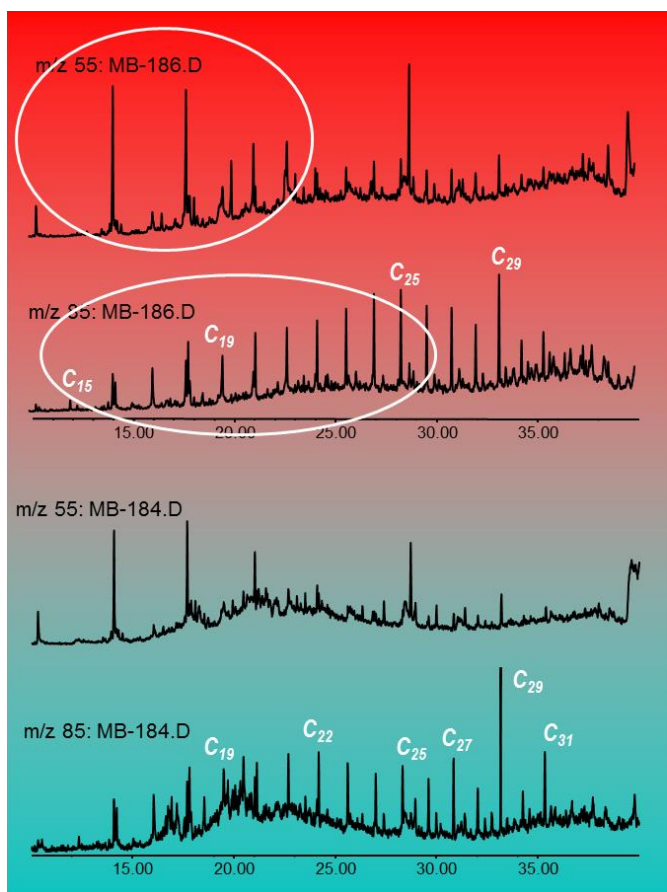
Ejem. “Kracking” del Eicoseno

9-Eicoseno

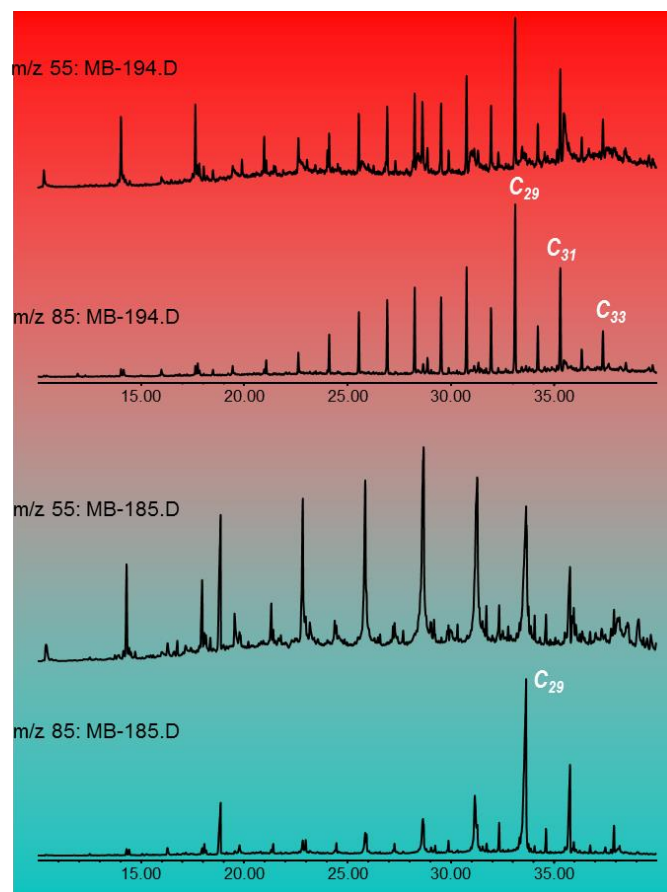


# Cambios en la estructura específica de la MOS: Análisis de lípidos libres, ALC/ALCANOLES

## Alcornoque (*Quercus suber*)

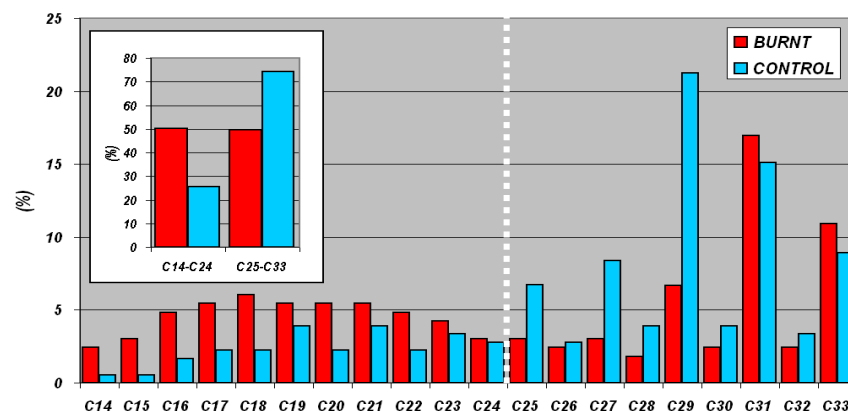


## Castaño (*Castanea sativa*)

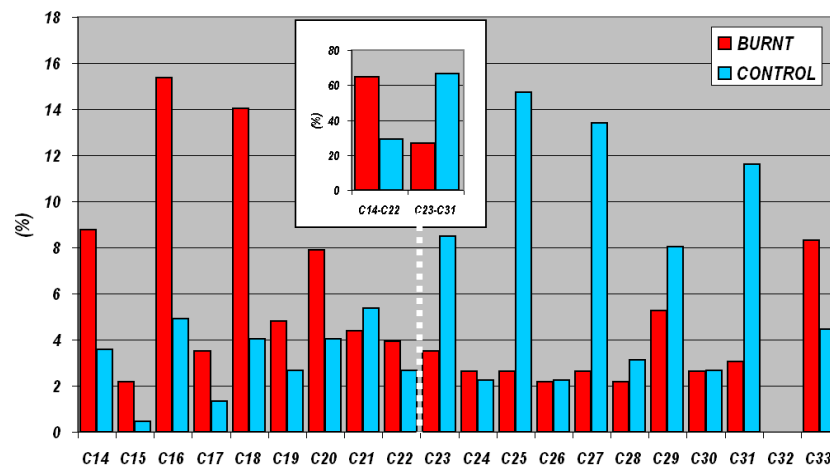


# Cambios en la estructura específica de la MOS: Análisis de lípidos libres, ALC/ALCANOLES

*Distribución de n-alcenos (m/z 85)*



*Distribución de n-alcnoles (m/z 55)*



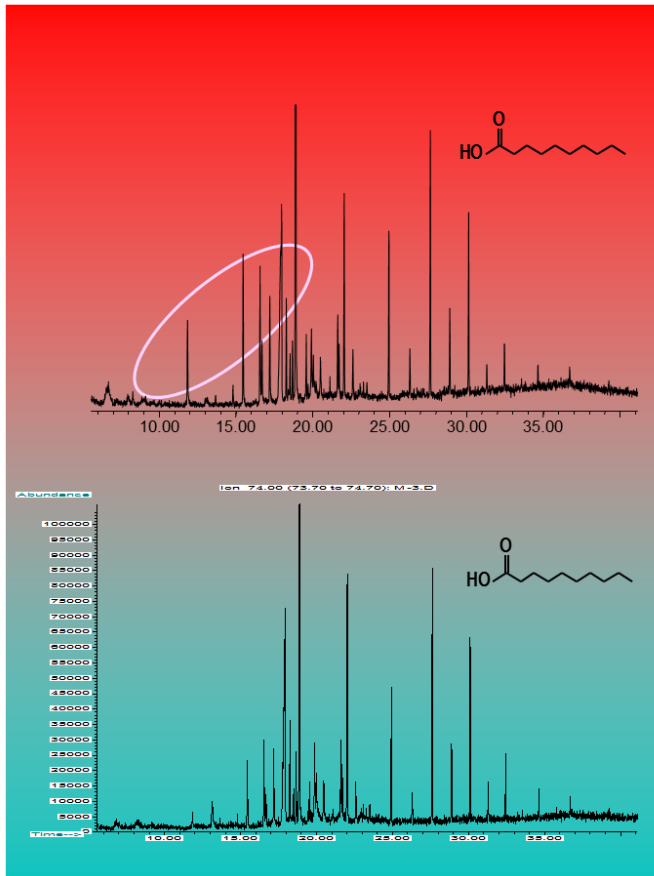
## Cambios en la estructura específica de la MOS: Análisis de lípidos libres, ALC/ALCANOLES

Muestra	<i>n</i> -alcanos (m/z 85)					
	$\Sigma C_{14}-C_{24} / \Sigma C_{25}-C_{33}$			$\Sigma \text{impar-C} / \Sigma \text{par-C}$		
	Q	C	Q/C	Q	C	Q/C
<b>Alájar 2003</b>	0,36	0,23	1,56	1,60	3,40	0,47
<b>Alájar 2005</b>	0,17	0,07	2,43	3,30	6,20	0,53
<b>Alájar 2006</b>	0,36	0,40	0,90	3,50	3,70	0,95
<b>Alájar 2008</b>	1,68	2,04	0,82	2,20	1,90	1,16
<b>Nerva 2003</b>	1,01	0,35	2,89	1,18	2,93	0,40
<b>Nerva 2005</b>	0,07	0,25	0,28	4,00	1,93	2,07
<b>Nerva 2006</b>	0,64	1,15	0,56	2,22	1,55	1,43
<b>Nerva 2008</b>	1,20	2,44	0,49	1,13	1,51	0,74
<b>Cazorla 2005</b>	0,47	0,44	1,07	2,22	2,43	<b>0,91</b>
<b>Cazorla 2006</b>	0,88	0,26	3,38	1,43	3,69	<b>0,39</b>
<b>Cazorla 2007</b>	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
<b>Cazorla 2008</b>	1,14	0,89	1,29	1,72	1,68	1,03
<b>Aznalcóllar 2005</b>	0,18	0,05	3,60	3,09	5,89	0,52
<b>Aznalcóllar 2006</b>	0,48	0,21	2,29	1,70	2,15	0,79
<b>Aznalcóllar 2008</b>	0,93	0,48	1,96	1,84	2,94	0,62

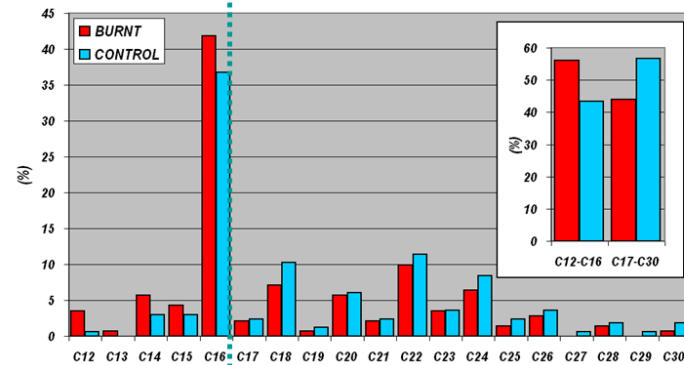


# Cambios en la estructura específica de la MOS: Análisis de lípidos libres, Ácidos grasos

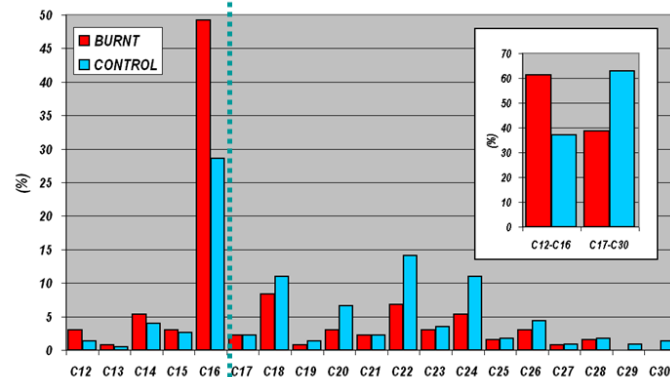
## Pino



## Ácidos grasos (m/z 74) Pino en Cazorla

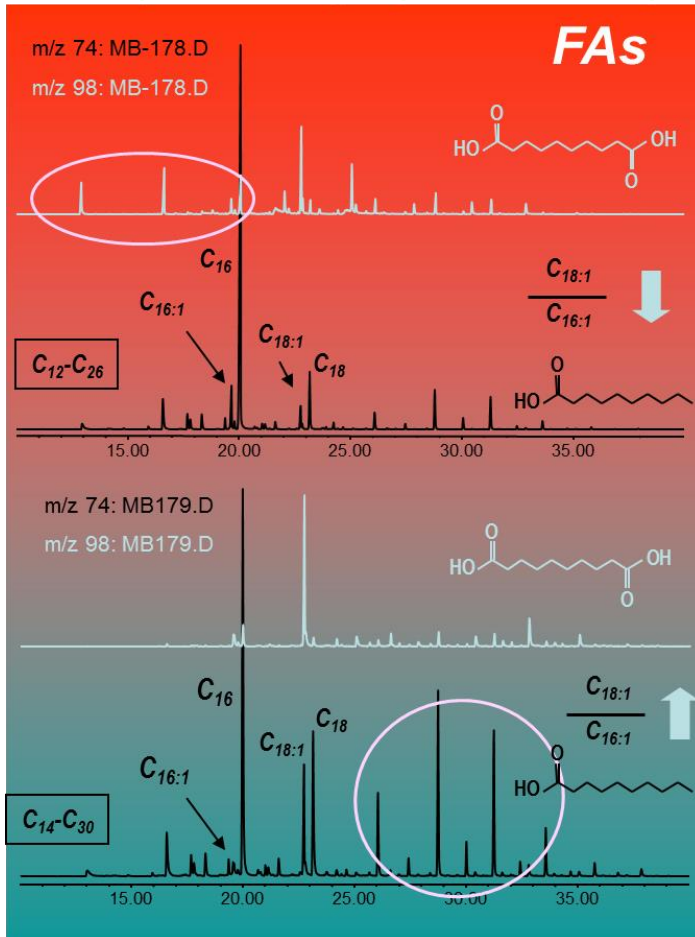


## Ácidos grasos (m/z 74) Alcornoque en Alájar

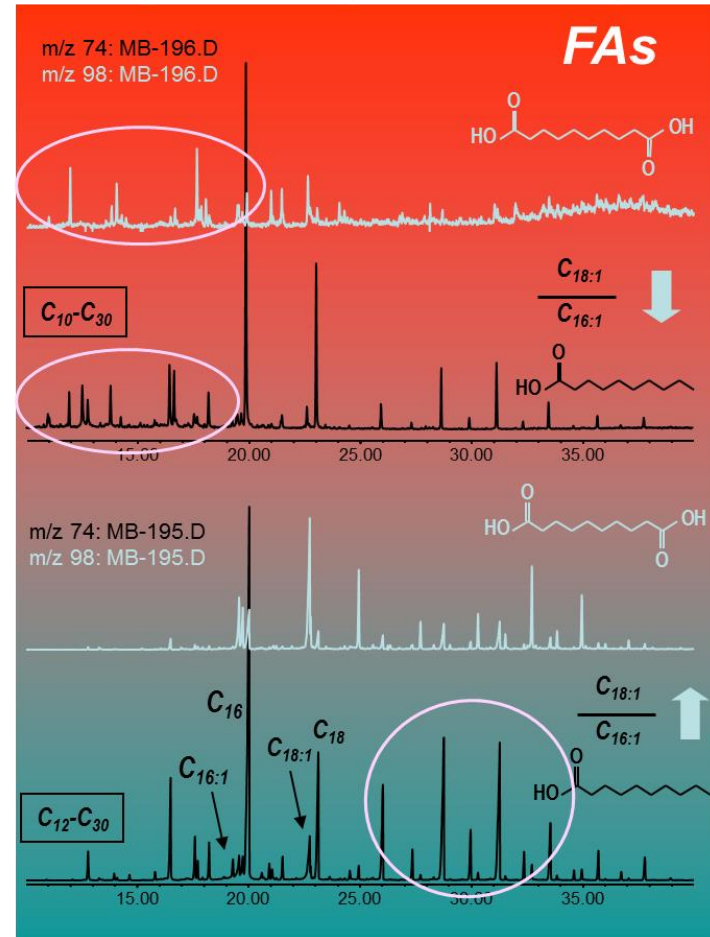


# Cambios en la estructura específica de la MOS: Análisis de lípidos libres, Ácidos grasos

## Alájar Alcornoque (*Quercus suber*)

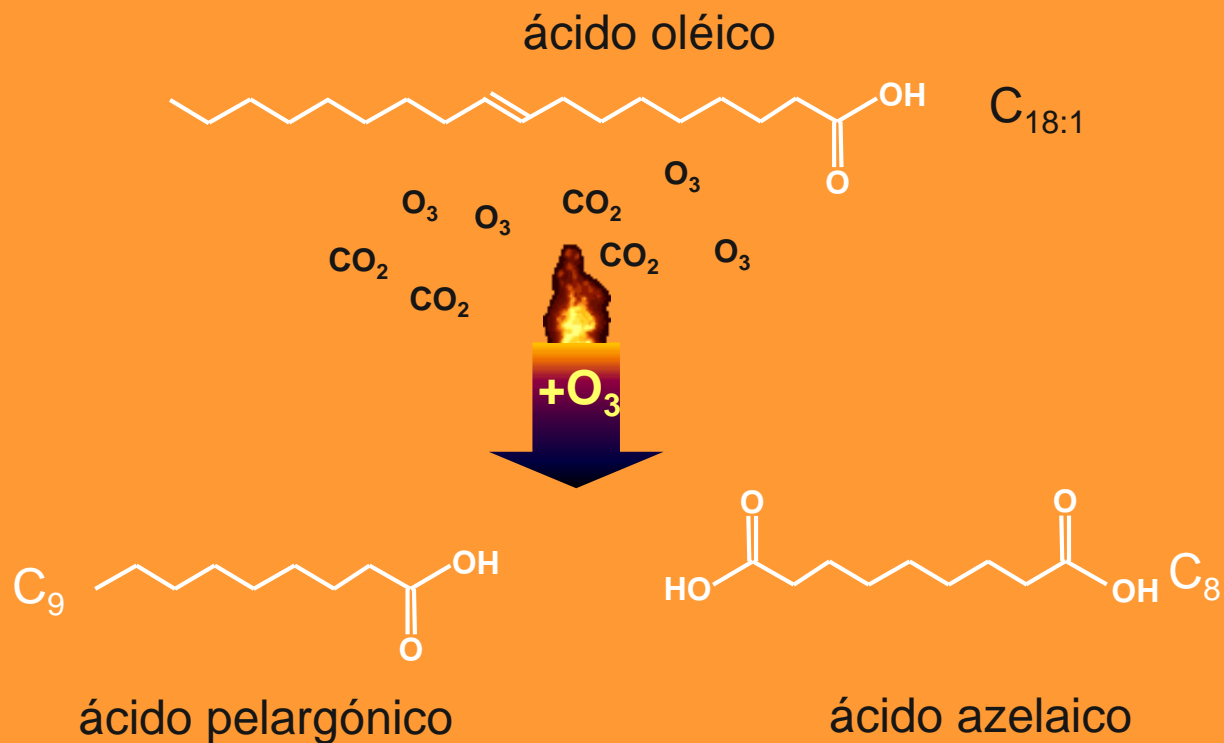


## Alájar Castaño (*Castanea sativa*)



## Cambios en la estructura específica de la MOS: Análisis de lípidos libres, Ácidos grasos

*i.e.* Rotura oxidativa del ácido oléico en presencia de  $O_3$



Muestra	Ácidos grasos (como metil ésteres, m/z 74)				
	$\Sigma C_{12}-C_{16} / \Sigma C_{17}-C_{30}$ (pFA)			$C_{18:1} / C_{16:1}^a$	
	Q	C	Q/C	Q	C
Alájar 2003	1,19	0,71	1,68	1,44	1,72
Alájar 2005	0,14	0,10	1,40	1,13	1,36
Alájar 2006	0,60	0,95	0,63	1,73	1,73
Alájar 2008	0,74	1,16	0,64	1,71	1,80
Nerva 2003	2,16	0,99	2,18	1,60	4,48
Nerva 2005	0,13	0,07	1,86	1,85	4,03
Nerva 2006	0,75	0,56	1,34	1,00	4,02
Nerva 2008	1,29	1,35	0,96	1,99	4,61
Cazorla 2005	1,27	0,77	1,65	0,83	2,33
Cazorla 2006	0,59	0,67	0,88	1,17	1,40
Cazorla 2007	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Cazorla 2008	0,59	0,71	0,83	0,85	0,8
Aznalcóllar 2005	0,20	0,05	4,00	1,00	4,33
Aznalcóllar 2006	0,69	0,82	0,84	0,60	3,81
Aznalcóllar 2008	1,16	0,95	1,22	1,29	1,57
Average				1,30	2,71
STD				0,43	1,40

# Cambios en la estructura específica de la MOS: Análisis de lípidos libres, Marcadores geoquímicos

Alcanos: 

## Efecto del fuego:

**Aumento** de homólogos de bajo PM

Razón propuesta:

$$\Sigma C_{14}-C_{24} / \Sigma C_{25}-C_{33}$$

**Quemado > 1**

**Control < 0.5**

## Efecto del fuego:

Pérdida de la predominancia impar natural en cadenas de **longitud media** C<sub>18</sub>-C<sub>29</sub>

Razón propuesta:

$$\Sigma C_{\text{impar}} / \Sigma C_{\text{par}}$$

**Quemado < 1.5**

**Control > 2**

Alquenos: 

## Efecto del fuego:

**Fuerte incremento** de homólogos de bajo PM

Razón propuesta:

$$\Sigma C_{14}-C_{22} / \Sigma C_{23}-C_{31}$$

**Quemado > 2**

**Control < 0.5**

## Efecto del fuego:

Pérdida de la predominancia impar natural en cadenas de **longitud larga** C<sub>20</sub>-C<sub>31</sub>

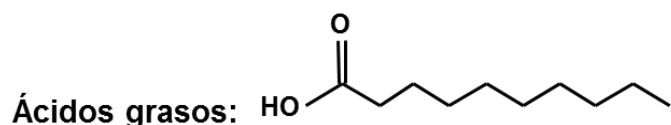
Razón propuesta:

$$\Sigma C_{\text{impar}} / \Sigma C_{\text{par}}$$

**Quemado < 1.5**

**Control > 3**

# Cambios en la estructura específica de la MOS: Análisis de lípidos libres, Marcadores geoquímicos



## Efecto del fuego:

**Aumento** de homólogos de bajo PM

Razón propuesta:

$$\Sigma C_{12}-C_{16} / \Sigma C_{17}-C_{30}$$

**Quemado > 1.25**

**Control < 0.75**

## Efecto del fuego:

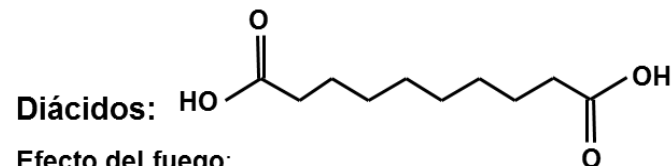
**Aumento de  $C_{16:1}$**  a expensas de  $C_{18:1}$  (Ácido oleico)

Razón propuesta:

$$C_{18:1} / C_{16:1}$$

**Quemado  $1.17 \pm 0.44$**

**Control  $3.26 \pm 1.68$**



## Efecto del fuego:

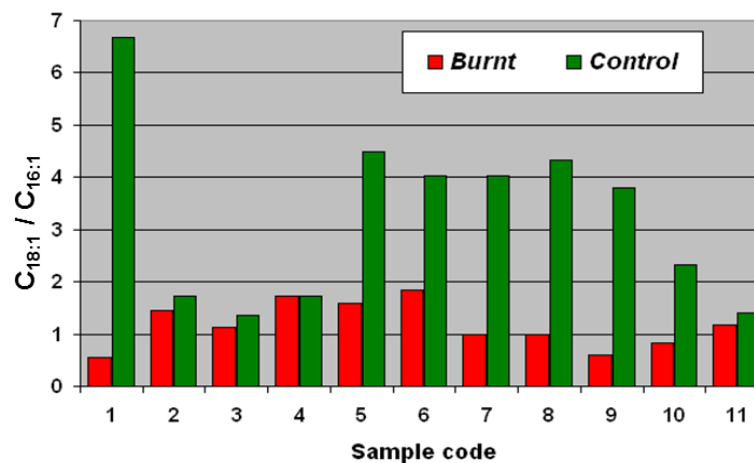
**Aumento** de homólogos de bajo PM

Razón propuesta:

$$\Sigma C_{12}-C_{16} / \Sigma C_{17}-C_{30}$$

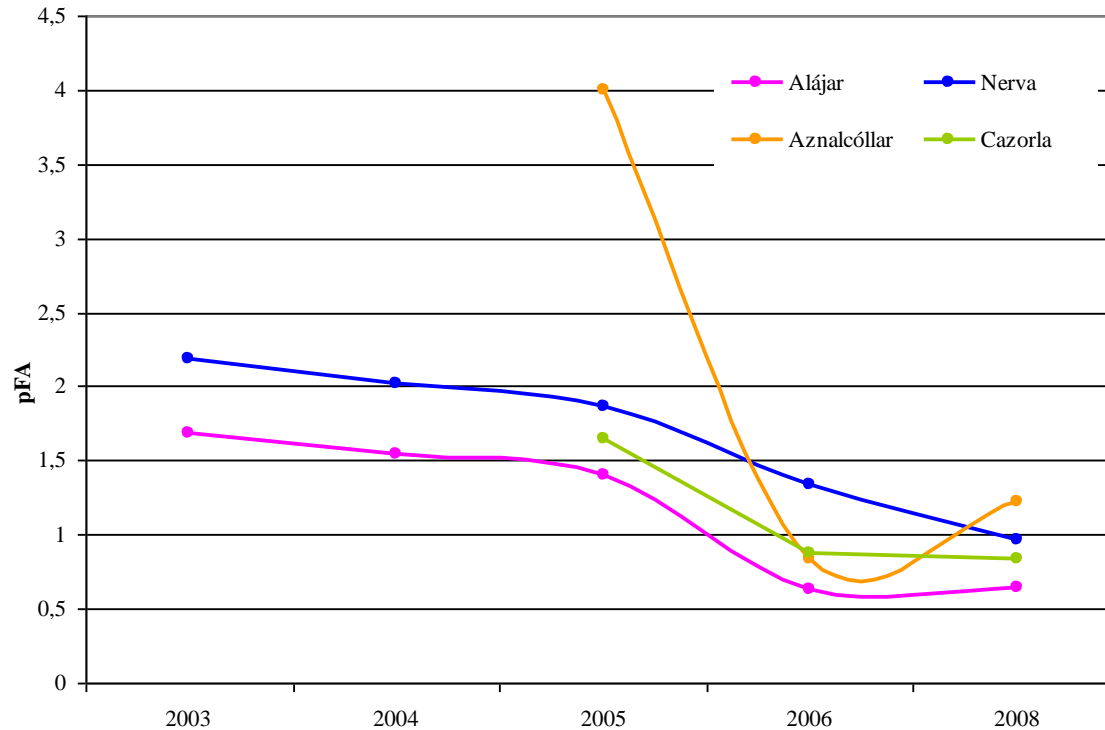
**Quemado > 1.25**

**Control < 0.75**





## Cambios en la estructura específica de la MOS: “Proxi” para la evaluación de la recuperación del suelo



$$pFA = \frac{qFA}{cFA}$$

$qFA = \text{suelo quemado } \Sigma C_{12}-C_{16} / \Sigma C_{17}-C_{30}$

$cFA = \text{suelo control } \Sigma C_{12}-C_{16} / \Sigma C_{17}-C_{30}$

## Efecto del fuego en la MOS

### CONCLUSIONES GENERALES

1. La materia orgánica del suelo (MOS) es la fracción mas funcional. Constituye un compartimento de elevada complejidad que comprende una mezcla heterogénea de componentes biogénicos en proporciones y estados evolutivos variables. Las alteraciones de los suelos causados por factores externos (cambios de uso y manejo del suelo, incendios forestales, etc.) quedan reflejadas primero en las fracciones más lábiles y son susceptibles de estudio mediante el uso de técnicas adecuadas.
2. Las diferentes técnicas utilizadas ofrecen ventanas de información complementarias sobre las características de la MOS de diferente naturaleza. De esta manera la integración de resultados permite llegar a conclusiones útiles para evaluar el impacto de los incendios sobre los suelos en general, y sobre la MOS en particular, en los distintos escenarios estudiados.
3. El seguimiento de la evolución en el tiempo de suelos afectados por incendios forestales puede realizarse mediante la **identificación de marcadores geoquímicos subrogados a dicha evolución**. Los conocimientos relacionados con la evolución de las propiedades de los suelos afectados por el fuego son útiles para la toma de decisiones sobre medidas y labores de recuperación necesarias en zonas afectadas por incendios.
4. Los marcadores biogeoquímicos deben basarse en proporciones entre **moléculas sencillas** (pares alcanos/alquenos y ácidos grasos) que se encuentran en todos los suelos y de procedencia diversa, lo que asegura su aplicabilidad en diversos escenarios.
5. Idealmente los marcadores propuestos deben estar directamente relacionados con las propiedades coloidales de los suelos y por tanto en procesos de degradación medioambiental inducidos por el fuego cómo la erosión.

